

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-090766

(43)Date of publication of application : 28.03.2003

(51)Int.Cl.

G01J 11/00  
G01M 11/02

(21)Application number : 2002-172035

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP  
<NTT>

(22)Date of filing : 12.06.2002

(72)Inventor : SHAKE IPPEI  
TAKARA HIDEHIKO  
UCHIYAMA KENTARO

(30)Priority

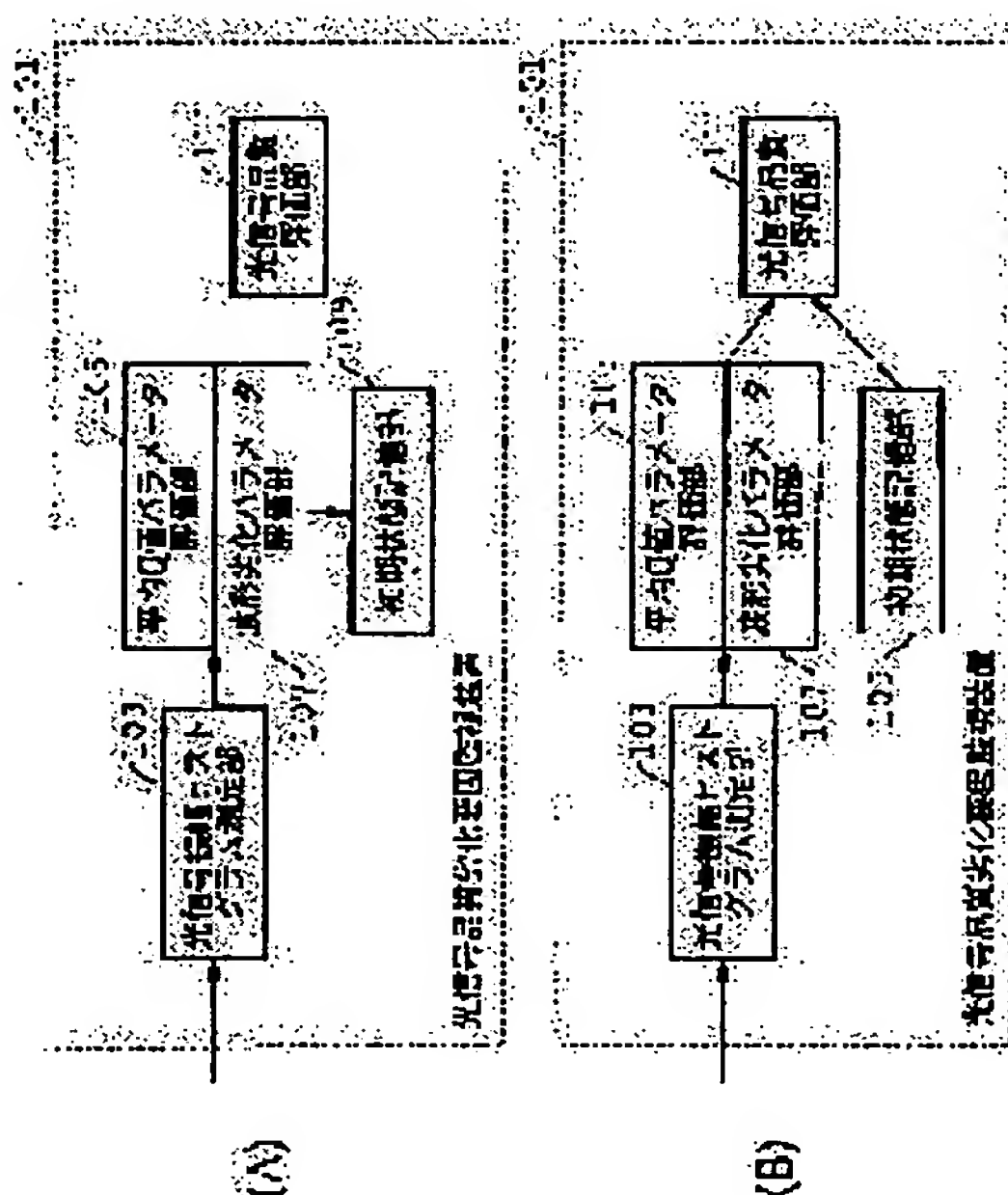
Priority number : 2001214212 Priority date : 13.07.2001 Priority country : JP

(54) METHOD AND APPARATUS FOR MONITORING OPTICAL SIGNAL QUALITY  
DETERIORATION FACTOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method and an apparatus for monitoring optical signal quality deterioration factors which contribute to realization of an economical and reliable optical network having a large communication capacity per service and can accommodate multimedia services having various signal formats and signal bit rates.

SOLUTION: The monitoring apparatus 101 has a first and second evaluating parts 105, 107 for obtaining a mean Q-value parameter and waveform deterioration parameters from an optical signal amplitude histogram obtained from an optical signal under test, and a third evaluating part 111 which prescribes both the mean Q-value parameter and the waveform deterioration parameters, to decide whether the main factor of the optical signal quality deterioration is the waveform deterioration or others by comparison, etc., of these parameters, using an initial value or initial characteristics.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 12.06.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2003-90766  
(P2003-90766A)

(43)公開日 平成15年3月28日(2003.3.28)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

**識別記号**

FI

テ-マ-ト\* (参考)

G O I J 11/00

C O 1 J 11/00

2 G 0 6 3

G O 1 M 11/02

C O 1 M 11/02

**J 2G086**

K

審査請求 有 請求項の数24 OL (全 23 頁)

(21)出願番号 特願2002-172035(P2002-172035)

(22)出席日 平成14年6月12日(2002.6.12)

(31)優先權主張番号 特願2001-214212(P2001-214212)

(32)優先日 平成13年7月13日(2001.7.13)

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(72) 発明者 社家 一平

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 目

本電信電話株式会社内

(72)発明者 高良 秀彦

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日

本電信電話株式会社内

(74) 代理人 10007/481

弁理士 谷 謙一 (外1名)

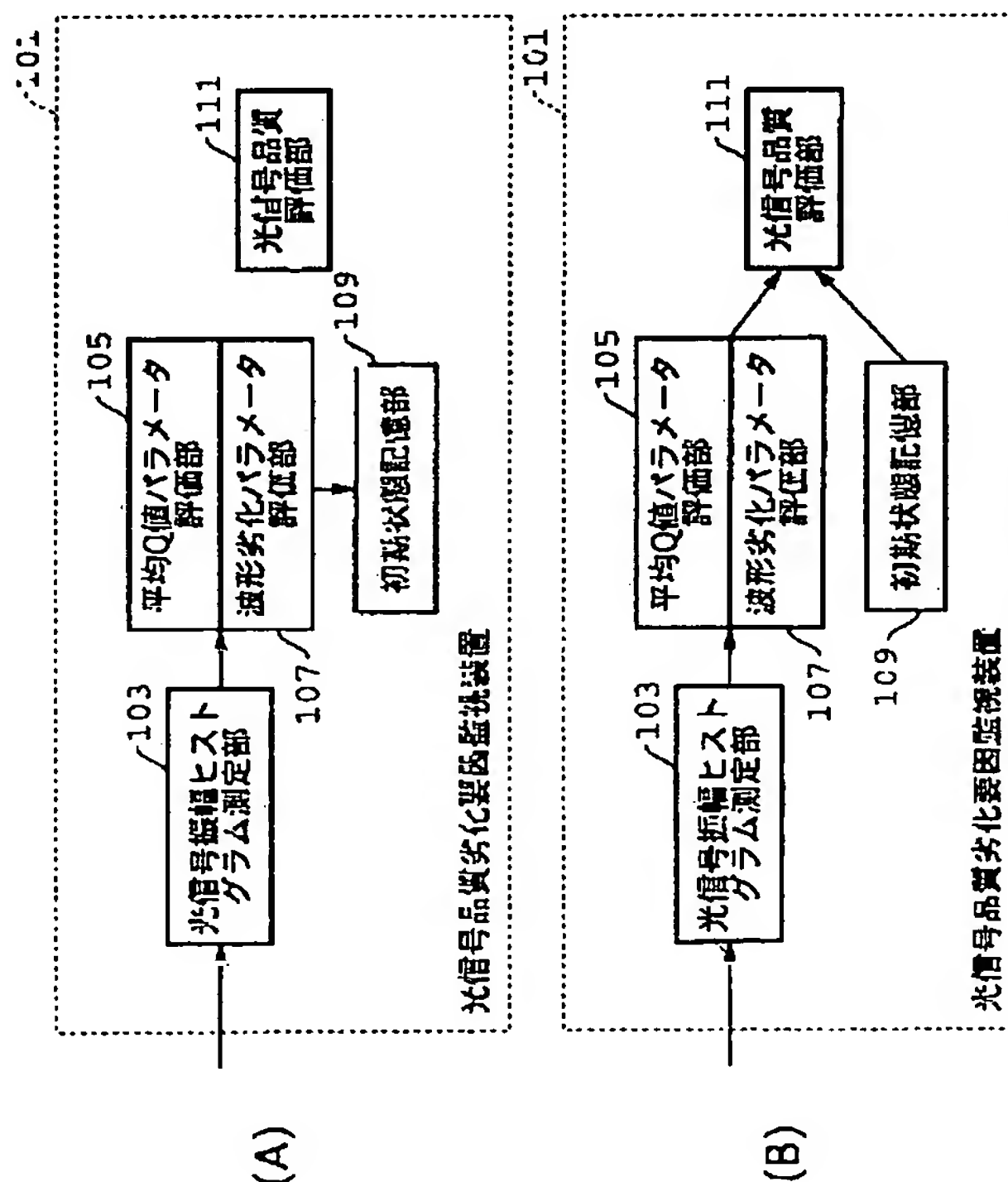
## 最終頁に競く

(54) 【発明の名称】 光信号品質劣化要因監視方法および装置

(57) 【要約】

【課題】 サービスあたりの通信容量が大きく、多様な信号形式、信号ビットレートを有するマルチメディアサービスを収容できるような経済的で信頼性の高い光ネットワークを実現するのに寄与する光信号品質劣化要因監視方法および光信号品質劣化要因監視装置を提供する。

【解決手段】 監視装置１０１は、被測定光信号から得た光信号振幅ヒストグラムから平均Ｑ値パラメータ並びに波形劣化パラメータを得る第１並びに第２の評価部１０５および１０７を有し、平均Ｑ値パラメータと波形劣化パラメータの両方を規定して、これらと光信号品質劣化がないときの初期値または初期特性との比較などによって、光信号品質劣化の主要因が波形劣化なのかそれ以外なのかを判別する第３の評価部１１１を有する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 被測定光信号から光振幅ヒストグラムを得る光信号振幅ヒストグラム測定工程と、  
前記光信号振幅ヒストグラム測定工程によって得られる前記光信号振幅ヒストグラムから光信号品質パラメータである平均Q値パラメータと波形劣化パラメータを得る平均Q値パラメータ評価および波形劣化パラメータ評価工程と、  
前記平均Q値パラメータ評価および波形劣化パラメータ評価工程で得られた前記平均Q値パラメータの測定値と前記波形劣化パラメータの測定値を利用して光信号品質劣化要因を評価する光信号品質評価工程であって、該平均Q値パラメータと該波形劣化パラメータの両方を規定し評価することによって、光信号品質劣化の主要因が前記被測定光信号の波形劣化なのか、それ以外なのかを判別する光信号品質評価工程とを有することを特徴とする光信号品質劣化要因監視方法。

【請求項2】 被測定光信号から光振幅ヒストグラムを得る光信号振幅ヒストグラム測定工程と、  
前記光信号振幅ヒストグラム測定工程によって得られる前記光信号振幅ヒストグラムから光信号品質パラメータである平均Q値パラメータと波形劣化パラメータを得る平均Q値パラメータ評価および波形劣化パラメータ評価工程と、  
前記平均Q値パラメータ評価および波形劣化パラメータ評価工程を利用して得られる、光信号品質劣化がないシステム導入時の平均Q値パラメータと波形劣化パラメータの初期値または初期特性を記憶媒体に記憶する初期状態記憶工程と、前記平均Q値パラメータ評価および波形劣化パラメータ評価工程で得られた前記平均Q値パラメータの測定値と前記波形劣化パラメータの測定値と、前記初期状態記憶工程において前記記憶媒体に記憶されている前記初期値または前記初期特性とを利用して光信号品質劣化要因を評価する光信号品質評価工程であって、該平均Q値パラメータと該波形劣化パラメータの両方を規定し評価することによって、光信号品質劣化の主要因が前記被測定光信号の波形劣化なのか、それ以外なのかを判別する光信号品質評価工程とを有することを特徴とする光信号品質劣化要因監視方法。

【請求項3】 被測定光信号を分岐する光分岐工程と、  
前記光分岐工程により分岐された一方の被測定光信号から光信号振幅ヒストグラムを得る光信号振幅ヒストグラム測定工程と、  
前記光分岐工程により分岐された他方の被測定光信号から光信号・光雑音強度の測定を行う光信号・光雑音強度測定工程と、  
前記光信号振幅ヒストグラム測定工程によって得られる前記光信号振幅ヒストグラムから光信号品質パラメータである平均Q値パラメータを得る平均Q値パラメータ評価工程と、

前記光信号・光雑音強度測定工程によって得られる前記光信号・光雑音強度から光信号品質パラメータである光信号対雑音比パラメータを得る光信号対雑音比パラメータ評価工程と、  
前記平均Q値パラメータ評価工程で得られた前記平均Q値パラメータの測定値と前記光信号対雑音比パラメータ評価工程で得られた前記光信号対雑音比パラメータの測定値とを利用して光信号品質劣化要因を評価する光信号品質評価工程であって、該平均Q値パラメータと該光信号対雑音比パラメータの両方を規定し評価することによって、光信号品質劣化の主要因が光信号対雑音比劣化なのか、それ以外なのかを判別する光信号品質評価工程とを有することを特徴とする光信号品質劣化要因監視方法。

【請求項4】 被測定光信号を分岐する光分岐工程と、  
前記光分岐工程により分岐された一方の被測定光信号から光信号振幅ヒストグラムを得る光信号振幅ヒストグラム測定工程と、  
前記光分岐工程により分岐された他方の被測定光信号から光信号・光雑音強度の測定を行う光信号・光雑音強度測定工程と、  
前記光信号振幅ヒストグラム測定工程によって得られる前記光信号振幅ヒストグラムから光信号品質パラメータである平均Q値パラメータを得る平均Q値パラメータ評価工程と、  
前記光信号・光雑音強度測定工程によって得られる前記光信号・光雑音強度から光信号品質パラメータである光信号対雑音比パラメータを得る光信号対雑音比パラメータ評価工程と、  
前記平均Q値パラメータ評価工程と前記光信号対雑音比パラメータ評価工程を利用して得られる、光信号品質劣化がないシステム導入時の平均Q値パラメータと光信号対雑音比パラメータの初期値または初期特性を記憶媒体に記憶する初期状態記憶工程と、  
前記平均Q値パラメータ評価工程で得られた前記平均Q値パラメータの測定値と前記光信号対雑音比パラメータ評価工程で得られた前記光信号対雑音比パラメータの測定値と、前記初期状態記憶工程で前記記憶媒体に記憶されている前記光信号品質劣化がないシステム導入時の平均Q値パラメータと光信号対雑音比パラメータの初期値または初期特性とを利用して光信号品質劣化要因を評価する光信号品質評価工程であって、該平均Q値パラメータと該光信号対雑音比パラメータの両方を規定し評価することによって、光信号品質劣化の主要因が光信号対雑音比劣化なのか、それ以外なのかを判別する光信号品質評価工程とを有することを特徴とする光信号品質劣化要因監視方法。

【請求項5】 被測定光信号を分岐する光分岐工程と、  
前記光分岐工程により分岐された一方の被測定光信号から光信号振幅ヒストグラムを得る光信号振幅ヒストグラ



ム測定工程と、  
 前記光分岐工程により分岐された他方の被測定光信号から光信号・光雑音強度の測定を行う光信号・光雑音強度測定工程と、  
 前記光信号振幅ヒストグラム測定工程によって得られる前記光信号振幅ヒストグラムから光信号品質パラメータである波形劣化パラメータを得る波形劣化パラメータ評価工程と、  
 前記光信号・光雑音強度測定工程によって得られる前記光信号・光雑音強度から光信号品質パラメータである光信号対雑音比パラメータを得る光信号対雑音比パラメータ評価工程と、  
 前記波形劣化パラメータ評価工程によって得られた前記波形劣化パラメータの測定値と前記光信号対雑音比パラメータ評価工程によって得られた前記光信号対雑音比パラメータの測定値とを利用して光信号品質劣化要因を評価する光信号品質評価工程であって、該波形劣化パラメータと該光信号対雑音比パラメータの両方を規定し評価することによって、光信号品質劣化の主要因が光信号対雑音比劣化なのか波形劣化なのかを判別する光信号品質評価工程と有することを特徴とする光信号品質劣化要因監視方法。

【請求項6】 被測定光信号を分岐する光分岐工程と、  
 前記光分岐工程により分岐された一方の被測定光信号から光信号振幅ヒストグラムを得る光信号振幅ヒストグラム測定工程と、  
 前記光分岐工程により分岐された他方の被測定光信号から光信号・光雑音強度の測定を行う光信号・光雑音強度測定工程と、  
 前記光信号振幅ヒストグラム測定工程によって得られる前記光信号振幅ヒストグラムから光信号品質パラメータである波形劣化パラメータを得る波形劣化パラメータ評価工程と、  
 前記光信号・光雑音強度測定工程によって得られる前記光信号・光雑音強度から光信号品質パラメータである光信号対雑音比パラメータを得る光信号対雑音比パラメータ評価工程と、  
 前記波形劣化パラメータ評価工程および前記光信号対雑音比パラメータ評価工程を利用して得られる、光信号品質劣化がないシステム導入時の該波形劣化パラメータと光信号対雑音比パラメータの初期値または初期特性を記憶媒体に記憶する初期状態記憶工程と、  
 前記波形劣化パラメータ評価工程で得られた前記波形劣化パラメータの測定値と前記光信号対雑音比パラメータ評価工程で得られた前記光信号対雑音比パラメータの測定値と、前記初期状態記憶工程で前記記憶媒体に記憶されている光信号品質劣化がないシステム導入時の該波形劣化パラメータと光信号対雑音比パラメータの初期値または初期特性とを利用して光信号品質劣化要因を評価する光信号品質評価工程であって、該波形劣化パラメータ

と該光信号対雑音比パラメータの両方を規定し評価することによって、光信号品質劣化の主要因が光信号対雑音比劣化なのか波形劣化なのかを判別する光信号品質評価工程とを有することを特徴とする光信号品質劣化要因監視方法。

【請求項7】 被測定光信号を分岐する光分岐工程と、  
 前記光分岐工程により分岐された一方の被測定光信号から光信号振幅ヒストグラムを得る光信号振幅ヒストグラム測定工程と、  
 前記光分岐工程により分岐された他方の被測定光信号から光信号・光雑音の測定を行う光信号・光雑音強度測定工程と、  
 前記光信号振幅ヒストグラム測定工程によって得られる光信号振幅ヒストグラムから光信号品質パラメータである平均Q値パラメータと波形劣化パラメータを得る平均Q値パラメータ評価および波形劣化パラメータ評価工程と、  
 前記光信号・光雑音強度測定工程によって得られる前記光信号・光雑音強度から光信号品質パラメータである光信号対雑音比パラメータを得る光信号対雑音比パラメータ評価工程と、  
 前記平均Q値パラメータ評価および波形劣化パラメータ評価工程で得られた前記平均Q値パラメータの測定値と前記波形劣化パラメータの測定値と前記光信号対雑音比パラメータ評価工程で得られた光信号対雑音比パラメータの測定値を利用して光信号品質劣化要因を評価する光信号品質評価工程であって、該平均Q値パラメータと該波形劣化パラメータと該光信号対雑音比パラメータの全部を規定し評価することによって、光信号品質劣化の主要因が光信号対雑音比劣化なのか、波形劣化なのか、それ以外なのかを判別する光信号品質評価工程とを有することを特徴とする光信号品質劣化要因監視方法。

【請求項8】 被測定光信号を分岐する光分岐工程と、  
 前記光分岐工程により分岐された一方の被測定光信号から光信号振幅ヒストグラムを得る光信号振幅ヒストグラム測定工程と、  
 前記光分岐工程により分岐された他方の被測定光信号から光信号・光雑音の測定を行う光信号・光雑音強度測定工程と、  
 前記光信号振幅ヒストグラム測定工程によって得られる光信号振幅ヒストグラムから光信号品質パラメータである平均Q値パラメータと波形劣化パラメータを得る平均Q値パラメータ評価および波形劣化パラメータ評価工程と、  
 前記光信号・光雑音強度測定工程によって得られる前記光信号・光雑音強度から光信号品質パラメータである光信号対雑音比パラメータを得る光信号対雑音比パラメータ評価工程と、  
 前記平均Q値パラメータ評価および波形劣化パラメータ評価工程と前記光信号対雑音比パラメータ評価工程とを

利用して得られる、光信号品質劣化がないシステム導入時の平均Q値パラメータと波形劣化パラメータと光信号対雑音比パラメータの初期値または初期特性を記憶媒体に記憶する初期状態記憶工程と、

前記平均Q値パラメータ評価および波形劣化パラメータ評価工程で得られた前記平均Q値パラメータの測定値と前記波形劣化パラメータの測定値と前記光信号対雑音比パラメータ評価工程で得られた前記光信号対雑音比パラメータの測定値と、前記初期状態記憶工程で前記記憶媒体に記憶されている光信号品質劣化がないシステム導入時の平均Q値パラメータと波形劣化パラメータと光信号対雑音比パラメータの初期値または初期特性とを利用して光信号品質劣化要因を評価する光信号品質評価工程であって、該平均Q値パラメータと該波形劣化パラメータと該光信号対雑音比パラメータの全部を規定し評価することによって、光信号品質劣化の主要因が光信号対雑音比劣化なのか、波形劣化なのか、それ以外なのかを判別する光信号品質評価工程とを有することを特徴とする光信号品質劣化要因監視方法。

【請求項9】 前記光信号振幅ヒストグラム測定工程が、

ビットレート  $f_0$  (bit/s) の被測定光信号を電気強度変調信号に変換する光電変換工程と、

前記光電変換工程によって得られる前記電気強度変調信号を、繰り返し周波数が  $f_1$  (Hz) ( $f_1 = (n/m)f_0 + a$ ;  $n, m$  は自然数、 $a$  はオフセット周波数) のサンプリングクロックでサンプリングする電気サンプリング工程と、

前記電気サンプリング工程によって得られるサンプリング信号から光信号強度分布を求め、ある平均時間内の光信号強度分布から光信号振幅ヒストグラムを得るヒストグラム評価工程とを含むことを特徴とする請求項1から8のいずれかに記載の光信号品質劣化要因監視方法。

【請求項10】 前記光信号振幅ヒストグラム測定工程が、

ビットレート  $f_0$  (bit/s) の被測定光信号を、繰り返し周波数が  $f_1$  (Hz) ( $f_1 = (n/m)f_0 + a$ ;  $n, m$  は自然数、 $a$  はオフセット周波数) でパルス幅がビットレート  $f_0$  (bit/s) のタイムスロットよりも十分狭いサンプリング光パルス列と合波する光合波工程と、

前記光合波工程により合波された合波光を、前記被測定光信号と前記サンプリング光パルス列の非線形相互作用を誘起するための非線形光学媒質に入射させることによって相互相関光信号を得る相互相関光信号発生工程と、前記相互相関光信号発生工程により得られる前記相互相関光信号を前記被測定光信号および前記サンプリング光パルス列から分波する光分波工程と、

前記光分波工程により分波された前記相互相関光信号を電気強度変調信号に変換する光電変換工程と、

前記光電変換工程によって得られる前記電気強度変調信号から光信号強度分布を求め、ある平均時間内の光信号強度分布から光信号振幅ヒストグラムを得るヒストグラム評価工程とを含むことを特徴とする請求項1から8のいずれかに記載の光信号品質劣化要因監視方法。

【請求項11】 前記平均Q値パラメータ評価および波形劣化パラメータ評価工程が、

あらかじめ定めた強度しきい値 (a) よりも高い振幅ヒストグラム部分から「レベル1」に相当する振幅ヒストグラム分布関数  $g_1$  を推定し、

別途定めた強度しきい値 (b) よりも低い部分から「レベル0」に相当する振幅ヒストグラム分布関数  $g_0$  を推定し、

「レベル1」と「レベル0」それぞれの平均値強度と標準偏差値を関数  $g_1$  及び  $g_0$  からそれぞれ求め、

「レベル1」と「レベル0」それぞれの平均値強度の差と、「レベル1」と「レベル0」それぞれの標準偏差値の和の比を平均Q値パラメータとし、

「レベル1」の標準偏差値、「レベル0」の標準偏差値、「レベル1」と「レベル0」それぞれの平均値強度の差、の全部または一部を波形劣化パラメータとする処理を行うことを特徴とする請求項1、2、7、8のいずれかに記載の光信号品質劣化要因監視方法。

【請求項12】 被測定光信号から光振幅ヒストグラムを得る光信号振幅ヒストグラム測定手段と、

前記光信号振幅ヒストグラム測定手段によって得られる前記光信号振幅ヒストグラムから光信号品質パラメータである平均Q値パラメータと波形劣化パラメータを得る平均Q値パラメータ評価および波形劣化パラメータ評価手段と、

前記平均Q値パラメータ評価および波形劣化パラメータ評価手段で得られた前記平均Q値パラメータの測定値と前記波形劣化パラメータの測定値を利用して光信号品質劣化要因を評価する光信号品質評価手段であって、該平均Q値パラメータと該波形劣化パラメータの両方を規定し評価することによって、光信号品質劣化の主要因が前記被測定光信号の波形劣化なのか、それ以外なのかを判別する光信号品質評価手段とを有することを特徴とする光信号品質劣化要因監視装置。

【請求項13】 被測定光信号から光振幅ヒストグラムを得る光信号振幅ヒストグラム測定手段と、

前記光信号振幅ヒストグラム測定手段によって得られる前記光信号振幅ヒストグラムから光信号品質パラメータである平均Q値パラメータと波形劣化パラメータを得る平均Q値パラメータ評価および波形劣化パラメータ評価手段と、

前記平均Q値パラメータ評価および波形劣化パラメータ評価手段を利用して得られる、光信号品質劣化がないシステム導入時の平均Q値パラメータと波形劣化パラメータの初期値または初期特性を記憶媒体に記憶する初期状



態記憶手段と、

前記平均Q値パラメータ評価および波形劣化パラメータ評価手段で得られた前記平均Q値パラメータの測定値と前記波形劣化パラメータの測定値と、前記初期状態記憶手段において前記記憶媒体に記憶されている前記初期値または前記初期特性とを利用して光信号品質劣化要因を評価する光信号品質評価手段であって、該平均Q値パラメータと該波形劣化パラメータの両方を規定し評価することによって、光信号品質劣化の主要因が前記被測定光信号の波形劣化なのか、それ以外なのかを判別する光信号品質評価手段とを有することを特徴とする光信号品質劣化要因監視装置。

【請求項14】 被測定光信号を分岐する光分岐手段と、

前記光分岐手段により分岐された一方の被測定光信号から光信号振幅ヒストグラムを得る光信号振幅ヒストグラム測定手段と、

前記光分岐手段により分岐された他方の被測定光信号から光信号・光雑音強度の測定を行う光信号・光雑音強度測定手段と、

前記光信号振幅ヒストグラム測定手段によって得られる前記光信号振幅ヒストグラムから光信号品質パラメータである平均Q値パラメータを得る平均Q値パラメータ評価手段と、

前記光信号・光雑音強度測定手段によって得られる前記光信号・光雑音強度から光信号品質パラメータである光信号対雑音比パラメータを得る光信号対雑音比パラメータ評価手段と、

前記平均Q値パラメータ評価手段で得られた前記平均Q値パラメータの測定値と前記光信号対雑音比パラメータ評価手段で得られた前記光信号対雑音比パラメータの測定値とを利用して光信号品質劣化要因を評価する光信号品質評価手段であって、該平均Q値パラメータと該光信号対雑音比パラメータの両方を規定し評価することによって、光信号品質劣化の主要因が光信号対雑音比劣化なのか、それ以外なのかを判別する光信号品質評価手段とを有することを特徴とする光信号品質劣化要因監視装置。

【請求項15】 被測定光信号を分岐する光分岐手段と、

前記光分岐手段により分岐された一方の被測定光信号から光信号振幅ヒストグラムを得る光信号振幅ヒストグラム測定手段と、

前記光分岐手段により分岐された他方の被測定光信号から光信号・光雑音強度の測定を行う光信号・光雑音強度測定手段と、

前記光信号振幅ヒストグラム測定手段によって得られる前記光信号振幅ヒストグラムから光信号品質パラメータである平均Q値パラメータを得る平均Q値パラメータ評価手段と、

前記光信号・光雑音強度測定手段によって得られる前記光信号・光雑音強度から光信号品質パラメータである光信号対雑音比パラメータを得る光信号対雑音比パラメータ評価手段と、

前記平均Q値パラメータ評価手段と前記光信号対雑音比パラメータ評価手段を利用して得られる、光信号品質劣化がないシステム導入時の平均Q値パラメータと光信号対雑音比パラメータの初期値または初期特性を記憶媒体に記憶する初期状態記憶手段と、

前記平均Q値パラメータ評価手段で得られた前記平均Q値パラメータの測定値と前記光信号対雑音比パラメータ評価手段で得られた前記光信号対雑音比パラメータの測定値と、前記初期状態記憶手段で前記記憶媒体に記憶されている前記光信号品質劣化がないシステム導入時の平均Q値パラメータと光信号対雑音比パラメータの初期値または初期特性とを利用して光信号品質劣化要因を評価する光信号品質評価手段であって、該平均Q値パラメータと該光信号対雑音比パラメータの両方を規定し評価することによって、光信号品質劣化の主要因が光信号対雑音比劣化なのか、それ以外なのかを判別する光信号品質評価手段とを有することを特徴とする光信号品質劣化要因監視装置。

【請求項16】 被測定光信号を分岐する光分岐手段と、

前記光分岐手段により分岐された一方の被測定光信号から光信号振幅ヒストグラムを得る光信号振幅ヒストグラム測定手段と、

前記光分岐手段により分岐された他方の被測定光信号から光信号・光雑音強度の測定を行う光信号・光雑音強度測定手段と、

前記光信号振幅ヒストグラム測定手段によって得られる前記光信号振幅ヒストグラムから光信号品質パラメータである波形劣化パラメータを得る波形劣化パラメータ評価手段と、

前記光信号・光雑音強度測定手段によって得られる前記光信号・光雑音強度から光信号品質パラメータである光信号対雑音比パラメータを得る光信号対雑音比パラメータ評価手段と、

前記波形劣化パラメータ評価手段によって得られた前記波形劣化パラメータの測定値と前記光信号対雑音比パラメータ評価手段によって得られた前記光信号対雑音比パラメータの測定値とを利用して光信号品質劣化要因を評価する光信号品質評価手段であって、該波形劣化パラメータと該光信号対雑音比パラメータの両方を規定し評価することによって、光信号品質劣化の主要因が光信号対雑音比劣化なのか波形劣化なのかを判別する光信号品質評価手段とを有することを特徴とする光信号品質劣化要因監視装置。

【請求項17】 被測定光信号を分岐する光分岐手段と、

前記光分岐手段により分岐された一方の被測定光信号から光信号振幅ヒストグラムを得る光信号振幅ヒストグラム測定手段と、

前記光分岐手段により分岐された他方の被測定光信号から光信号・光雑音強度の測定を行う光信号・光雑音強度測定手段と、

前記光信号振幅ヒストグラム測定手段によって得られる前記光信号振幅ヒストグラムから光信号品質パラメータである波形劣化パラメータを得る波形劣化パラメータ評価手段と、

前記光信号・光雑音強度測定手段によって得られる前記光信号・光雑音強度から光信号品質パラメータである光信号対雑音比パラメータを得る光信号対雑音比パラメータ評価手段と、

前記波形劣化パラメータ評価手段および前記光信号対雑音比パラメータ評価手段を利用して得られる、光信号品質劣化がないシステム導入時の該波形劣化パラメータと光信号対雑音比パラメータの初期値または初期特性を記憶媒体に記憶する初期状態記憶手段と、

前記波形劣化パラメータ評価手段で得られた前記波形劣化パラメータの測定値と前記光信号対雑音比パラメータ評価手段で得られた前記光信号対雑音比パラメータの測定値と、前記初期状態記憶手段で前記記憶媒体に記憶されている光信号品質劣化がないシステム導入時の該波形劣化パラメータと光信号対雑音比パラメータの初期値または初期特性とを利用して光信号品質劣化要因を評価する光信号品質評価手段であって、該波形劣化パラメータと該光信号対雑音比パラメータの両方を規定し評価することによって、光信号品質劣化の主要因が光信号対雑音比劣化なのか波形劣化なのかを判別する光信号品質評価手段とを有することを特徴とする光信号品質劣化要因監視装置。

【請求項18】 被測定光信号を分岐する光分岐手段と、

前記光分岐手段により分岐された一方の被測定光信号から光信号振幅ヒストグラムを得る光信号振幅ヒストグラム測定手段と、

前記光分岐手段により分岐された他方の被測定光信号から光信号・光雑音の測定を行う光信号・光雑音強度測定手段と、

前記光信号振幅ヒストグラム測定手段によって得られる光信号振幅ヒストグラムから光信号品質パラメータである平均Q値パラメータと波形劣化パラメータを得る平均Q値パラメータ評価および波形劣化パラメータ評価手段と、

前記光信号・光雑音強度測定手段によって得られる前記光信号・光雑音強度から光信号品質パラメータである光信号対雑音比パラメータを得る光信号対雑音比パラメータ評価手段と、

前記平均Q値パラメータ評価および波形劣化パラメータ

評価手段で得られた前記平均Q値パラメータの測定値と前記波形劣化パラメータの測定値と前記光信号対雑音比パラメータ評価手段で得られた光信号対雑音比パラメータの測定値を利用して光信号品質劣化要因を評価する光信号品質評価手段であって、該平均Q値パラメータと該波形劣化パラメータと該光信号対雑音比パラメータの全部を規定し評価することによって、光信号品質劣化の主要因が光信号対雑音比劣化なのか、波形劣化なのか、それ以外なのかを判別する光信号品質評価手段とを有することを特徴とする光信号品質劣化要因監視装置。

【請求項19】 被測定光信号を分岐する光分岐手段と、

前記光分岐手段により分岐された一方の被測定光信号から光信号振幅ヒストグラムを得る光信号振幅ヒストグラム測定手段と、

前記光分岐手段により分岐された他方の被測定光信号から光信号・光雑音の測定を行う光信号・光雑音強度測定手段と、

前記光信号振幅ヒストグラム測定手段によって得られる光信号振幅ヒストグラムから光信号品質パラメータである平均Q値パラメータと波形劣化パラメータを得る平均Q値パラメータ評価および波形劣化パラメータ評価手段と、

前記光信号・光雑音強度測定手段によって得られる前記光信号・光雑音強度から光信号品質パラメータである光信号対雑音比パラメータを得る光信号対雑音比パラメータ評価手段と、

前記平均Q値パラメータ評価および波形劣化パラメータ評価手段と前記光信号対雑音比パラメータ評価手段とを利用して得られる、光信号品質劣化がないシステム導入時の平均Q値パラメータと波形劣化パラメータと光信号対雑音比パラメータの初期値または初期特性を記憶媒体に記憶する初期状態記憶手段と、

前記平均Q値パラメータ評価および波形劣化パラメータ評価手段で得られた前記平均Q値パラメータの測定値と前記波形劣化パラメータの測定値と前記光信号対雑音比パラメータ評価手段で得られた前記光信号対雑音比パラメータの測定値と、前記初期状態記憶手段で前記記憶媒体に記憶されている光信号品質劣化がないシステム導入時の平均Q値パラメータと波形劣化パラメータと光信号対雑音比パラメータの初期値または初期特性とを利用して光信号品質劣化要因を評価する光信号品質評価手段であって、該平均Q値パラメータと該波形劣化パラメータと該光信号対雑音比パラメータの全部を規定し評価することによって、光信号品質劣化の主要因が光信号対雑音比劣化なのか、波形劣化なのか、それ以外なのかを判別する光信号品質評価手段とを有することを特徴とする光信号品質劣化要因監視装置。

【請求項20】 前記光信号振幅ヒストグラム測定手段が、



ビットレート  $f_0$  (bit/s) の被測定光信号を電気強度変調信号に変換する光電変換手段と、

前記光電変換手段によって得られる前記電気強度変調信号を、繰り返し周波数が  $f_1$  (Hz) ( $f_1 = (n/m)f_0 + a$ ;  $n, m$  は自然数、 $a$  はオフセット周波数) のサンプリングクロックでサンプリングする電気サンプリング手段と、

前記電気サンプリング手段によって得られるサンプリング信号から光信号強度分布を求め、ある平均時間内の光信号強度分布から光信号振幅ヒストグラムを得るヒストグラム評価手段とを含むことを特徴とする請求項12から19のいずれかに記載の光信号品質劣化要因監視装置。

【請求項21】 前記光信号振幅ヒストグラム測定手段が、

ビットレート  $f_0$  (bit/s) の被測定光信号を、繰り返し周波数が  $f_1$  (Hz) ( $f_1 = (n/m)f_0 + a$ ;  $n, m$  は自然数、 $a$  はオフセット周波数) でパルス幅がビットレート  $f_0$  (bit/s) のタイムスロットよりも十分狭いサンプリング光パルス列と合波する光合波手段と、

前記光合波手段により合波された合波光を、前記被測定光信号と前記サンプリング光パルス列の非線形相互作用を誘起するための非線形光学媒質に入射させることによって相互相関光信号を得る相互相関光信号発生手段と、前記相互相関光信号発生手段により得られる前記相互相関光信号を前記被測定光信号および前記サンプリング光パルス列から分波する光分波手段と、

前記光分波手段により分波された前記相互相関光信号を電気強度変調信号に変換する光電変換手段と、

前記光電変換手段によって得られる前記電気強度変調信号から光信号強度分布を求め、ある平均時間内の光信号強度分布から光信号振幅ヒストグラムを得るヒストグラム評価手段とを含むことを特徴とする請求項12から19のいずれかに記載の光信号品質劣化要因監視装置。

【請求項22】 前記平均Q値パラメータ評価および波形劣化パラメータ評価手段が、

あらかじめ定めた強度しきい値 ( $a$ ) よりも高い振幅ヒストグラム部分から「レベル1」に相当する振幅ヒストグラム分布関数  $g_1$  を推定し、

別途定めた強度しきい値 ( $b$ ) よりも低い部分から「レベル0」に相当する振幅ヒストグラム分布関数  $g_0$  を推定し、

「レベル1」と「レベル0」それぞれの平均値強度と標準偏差値を関数  $g_1$  及び  $g_0$  からそれぞれ求め、

「レベル1」と「レベル0」それぞれの平均値強度の差と、「レベル1」と「レベル0」それぞれの標準偏差値の和の比を平均Q値パラメータとし、

「レベル1」の標準偏差値、「レベル0」の標準偏差値、「レベル1」と「レベル0」それぞれの平均値強度

の差、の全部または一部を波形劣化パラメータとする処理を行うことを特徴とする請求項12、13、18、19のいずれかに記載の光信号品質劣化要因監視装置。

【請求項23】 前記光信号振幅ヒストグラム測定工程が、

ビットレート  $f_0$  (bit/s) の被測定光信号を、サンプリングクロック発生工程から発生する繰り返し周波数が  $f_1$  (Hz) ( $f_1 = (n/m)f_0 + a$ ;  $n, m$  は自然数、 $a$  はオフセット周波数) のサンプリングクロックでサンプリングする光ゲート工程と、

前記光ゲート工程によって得られるサンプリング光信号をサンプリング電気信号に変換する光電変換工程と、前記光電変換工程によって得られる前記サンプリング電気信号から光信号強度分布を求め、ある平均時間内の光信号強度分布から光信号振幅ヒストグラムを得るヒストグラム評価工程とを含むことを特徴とする請求項1から8のいずれかに記載の光信号品質劣化要因監視方法。

【請求項24】 前記光信号振幅ヒストグラム測定手段が、

ビットレート  $f_0$  (bit/s) の被測定光信号を、サンプリングクロック発生手段から発生する繰り返し周波数が  $f_1$  (Hz) ( $f_1 = (n/m)f_0 + a$ ;  $n, m$  は自然数、 $a$  はオフセット周波数) のサンプリングクロックでサンプリングする光ゲート手段と、

前記光ゲート手段から出力されるサンプリング光信号を受光してサンプリング電気信号に変換する光電変換手段と、

前記光電変換手段によって得られる前記サンプリング電気信号から光信号強度分布を求め、ある平均時間内の光信号強度分布から光信号振幅ヒストグラムを得るヒストグラム評価手段とを含むことを特徴とする請求項12から19のいずれかに記載の光信号品質劣化要因監視装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光通信における光信号品質劣化の要因を監視する方法および装置に関する。

【0002】

【従来の技術】光通信におけるこれまでの地点間通信では、同期網が提供するフレームに光時分割多重 (OTDM: Optical Time Division Multiplexing) を用いて信号を束ねている。

【0003】このような光時分割多重では、同期光通信網 (Synchronous Optical Network (SONET)) / 同期デジタルハイアライキー (Synchronous Digital Hierarchy (SDH)) 伝送方式等が用いられているが、この SONET / SDH 伝送方式では効率的な信号伝送を行うためにオーバーヘッドが定められており (参考文献 [1]: ITU-T Recommendation G707)、その

オーバーヘッドを用いてビット・インタリーブ・パリティ (Bit Interleaved Parity) とよばれるパリティ検査を、中継器間や多重化端局相互間でそれぞれ実施することで、故障区間の同定と切替起動信号を得ている。

【0004】ところが、SONET/SDH伝送方式などの信号品質監視系では、対象とする信号のビットレートや信号形式や変調形式 (NRZ (Non Return to Zero: 非ゼロ復帰) またはRZ (Return to Zero: ゼロ復帰) に応じた受信系 (クロック抽出回路、受信回路、フレーム検出回路、パリティ検査回路または照合回路からなる誤り検出回路) が必要となる。そのため、単一の受信系では任意のビットレートや信号形式や変調形式の信号には対応できないという点がある。また、この従来の光信号監視系では、光信号を電気信号に置換した後に電気信号処理を行う必要があったため、経済性を考慮すると、光増幅中継系に適用することが難しく、例えばネットワーク障害が検知されたときに、光増幅中継系間のどの区間で障害が発生したかまでを同定することができない。

【0005】以上のことから、サービスあたりの通信容量が大きく、多様な信号形式、信号ビットレートに対応した、経済的なサービス転送網を構築することが不可欠である。ここで光ネットワークは、光時分割多重や波長分割多重 (WDM: Wavelength Division Multiplexing) を用いることにより通信容量を拡大でき、信号ビットレート、信号形式および変調形式に対して透明性がある点において極めて有望である。

【0006】そこで、このような光ネットワークに適した光信号品質監視法として、振幅ヒストグラムから光信号品質パラメータを評価する方法が提案されている (参考文献 [2]: EPC公開番号 EP0920250A2、米国出願 (未公開) USP Application 09/204,001)。図17にこの従来例の構成を示す。この従来例の光信号品質監視部1701は、光信号振幅ヒストグラム測定部1703と平均Q値パラメータ評価部1705と光信号品質評価部1707とから構成され、光信号振幅ヒストグラム測定部1703において、ビットレート  $f_0$  (bit/s) の被測定光信号から光信号振幅ヒストグラムを得て、平均Q値パラメータ評価部1705において、その光信号振幅ヒストグラムから光信号品質パラメータである平均Q値パラメータを評価し、光信号品質評価部1707において、その平均Q値パラメータを解析することにより光信号品質監視を実現している。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】ところで、近年のマルチメディアサービスの需要が急速に高まり、個々のサービスの通信容量を拡大する必要が生じてきた上に、映像、音声、データ等、多様な信号ビットレート・信号形式に効率的に対応するネットワークが切望されてくると、それに伴って監視すべき光信号の劣化要因も多様化

し、特に伝送光ファイバの損失や伝送端局内の損失、光源劣化などによる光信号対雑音比劣化や、伝送光ファイバ中の波長分散による波形劣化などに個々に対応した監視が必要になる。

【0008】しかしながら、上述した従来例における平均Q値パラメータは光信号対雑音比劣化や波長分散による波形劣化に対して感度があるが、それぞれの原因を判別することはできない。

【0009】本発明は、上述の点に鑑みてなされたもので、その目的は、サービスあたりの通信容量が大きく、多様な信号形式、信号ビットレートを有するマルチメディアサービスを収容できるような経済的で信頼性の高い光ネットワークを実現するのに寄与する光信号品質劣化要因監視方法および光信号品質劣化要因監視装置を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明の請求項1の光信号品質劣化要因監視方法は、被測定光信号から光振幅ヒストグラムを得る光信号振幅ヒストグラム測定工程と、前記光信号振幅ヒストグラム測定工程によって得られる前記光信号振幅ヒストグラムから光信号品質パラメータである平均Q値パラメータと波形劣化パラメータを得る平均Q値パラメータ評価および波形劣化パラメータ評価工程と、前記平均Q値パラメータ評価および波形劣化パラメータ評価工程で得られた前記平均Q値パラメータの測定値と前記波形劣化パラメータの測定値を利用して光信号品質劣化要因を評価する光信号品質評価工程であって、該平均Q値パラメータと該波形劣化パラメータの両方を規定し評価することによって、光信号品質劣化の主要因が前記被測定光信号の波形劣化なのか、それ以外なのかを判別する光信号品質評価工程とを有することを特徴とする。

【0011】上記目的を達成するため、本発明の請求項2の光信号品質劣化要因監視方法は、被測定光信号から光振幅ヒストグラムを得る光信号振幅ヒストグラム測定工程と、前記光信号振幅ヒストグラム測定工程によって得られる前記光信号振幅ヒストグラムから光信号品質パラメータである平均Q値パラメータと波形劣化パラメータを得る平均Q値パラメータ評価および波形劣化パラメータ評価工程と、前記平均Q値パラメータ評価および波形劣化パラメータ評価工程を利用して得られる、光信号品質劣化がないシステム導入時の平均Q値パラメータと波形劣化パラメータの初期値または初期特性を記憶媒体に記憶する初期状態記憶工程と、前記平均Q値パラメータ評価および波形劣化パラメータ評価工程で得られた前記平均Q値パラメータの測定値と前記波形劣化パラメータの測定値と、前記初期状態記憶工程において前記記憶媒体に記憶されている前記初期値または前記初期特性とを利用して光信号品質劣化要因を評価する光信号品質評価工程であって、該平均Q値パラメータと該波形劣化パ



ラメータの両方を規定し評価することによって、光信号品質劣化の主要因が前記被測定光信号の波形劣化なのか、それ以外なのかを判別する光信号品質評価工程とを有することを特徴とする。

【0012】上記目的を達成するため、本発明の請求項3の光信号品質劣化要因監視方法は、被測定光信号を分岐する光分岐工程と、前記光分岐工程により分岐された一方の被測定光信号から光信号振幅ヒストグラムを得る光信号振幅ヒストグラム測定工程と、前記光分岐工程により分岐された他方の被測定光信号から光信号・光雑音強度の測定を行う光信号・光雑音強度測定工程と、前記光信号振幅ヒストグラム測定工程によって得られる前記光信号振幅ヒストグラムから光信号品質パラメータである平均Q値パラメータを得る平均Q値パラメータ評価工程と、前記光信号・光雑音強度測定工程によって得られる前記光信号・光雑音強度から光信号品質パラメータである光信号対雑音比パラメータを得る光信号対雑音比パラメータ評価工程と、前記平均Q値パラメータ評価工程で得られた前記平均Q値パラメータの測定値と前記光信号対雑音比パラメータ評価工程で得られた前記光信号対雑音比パラメータの測定値とを利用して光信号品質劣化要因を評価する光信号品質評価工程であって、該平均Q値パラメータと該光信号対雑音比パラメータの両方を規定し評価することによって、光信号品質劣化の主要因が光信号対雑音比劣化なのか、それ以外なのかを判別する光信号品質評価工程とを有することを特徴とする。

【0013】上記目的を達成するため、本発明の請求項4の光信号品質劣化要因監視方法は、被測定光信号を分岐する光分岐工程と、前記光分岐工程により分岐された一方の被測定光信号から光信号振幅ヒストグラムを得る光信号振幅ヒストグラム測定工程と、前記光分岐工程により分岐された他方の被測定光信号から光信号・光雑音強度の測定を行う光信号・光雑音強度測定工程と、前記光信号振幅ヒストグラム測定工程によって得られる前記光信号振幅ヒストグラムから光信号品質パラメータである平均Q値パラメータを得る平均Q値パラメータ評価工程と、前記光信号・光雑音強度測定工程によって得られる前記光信号・光雑音強度から光信号品質パラメータである光信号対雑音比パラメータを得る光信号対雑音比パラメータ評価工程と、前記平均Q値パラメータ評価工程と前記光信号対雑音比パラメータ評価工程を利用して得られる、光信号品質劣化がないシステム導入時の平均Q値パラメータと光信号対雑音比パラメータの初期値または初期特性を記憶媒体に記憶する初期状態記憶工程と、前記平均Q値パラメータ評価工程で得られた前記平均Q値パラメータの測定値と前記光信号対雑音比パラメータ評価工程で得られた前記光信号対雑音比パラメータの測定値と、前記初期状態記憶工程で前記記憶媒体に記憶されている前記光信号品質劣化がないシステム導入時の平均Q値パラメータと光信号対雑音比パラメータの初期値

または初期特性とを利用して光信号品質劣化要因を評価する光信号品質評価工程であって、該平均Q値パラメータと該光信号対雑音比パラメータの両方を規定し評価することによって、光信号品質劣化の主要因が光信号対雑音比劣化なのか、それ以外なのかを判別する光信号品質評価工程とを有することを特徴とする。

【0014】上記目的を達成するため、本発明の請求項5の光信号品質劣化要因監視方法は、被測定光信号を分岐する光分岐工程と、前記光分岐工程により分岐された一方の被測定光信号から光信号振幅ヒストグラムを得る光信号振幅ヒストグラム測定工程と、前記光分岐工程により分岐された他方の被測定光信号から光信号・光雑音強度の測定を行う光信号・光雑音強度測定工程と、前記光信号振幅ヒストグラム測定工程によって得られる前記光信号振幅ヒストグラムから光信号品質パラメータである波形劣化パラメータを得る波形劣化パラメータ評価工程と、前記光信号・光雑音強度測定工程によって得られる前記光信号・光雑音強度から光信号品質パラメータである光信号対雑音比パラメータを得る光信号対雑音比パラメータ評価工程と、前記波形劣化パラメータ評価工程によって得られた前記波形劣化パラメータの測定値と前記光信号対雑音比パラメータ評価工程によって得られた前記光信号対雑音比パラメータの測定値とを利用して光信号品質劣化要因を評価する光信号品質評価工程であって、該波形劣化パラメータと該光信号対雑音比パラメータの両方を規定し評価することによって、光信号品質劣化の主要因が光信号対雑音比劣化なのか波形劣化なのかを判別する光信号品質評価工程とを有することを特徴とする。

【0015】上記目的を達成するため、本発明の請求項6の光信号品質劣化要因監視方法は、被測定光信号を分岐する光分岐工程と、前記光分岐工程により分岐された一方の被測定光信号から光信号振幅ヒストグラムを得る光信号振幅ヒストグラム測定工程と、前記光分岐工程により分岐された他方の被測定光信号から光信号・光雑音強度の測定を行う光信号・光雑音強度測定工程と、前記光信号振幅ヒストグラム測定工程によって得られる前記光信号振幅ヒストグラムから光信号品質パラメータである波形劣化パラメータを得る波形劣化パラメータ評価工程と、前記光信号・光雑音強度測定工程によって得られる前記光信号・光雑音強度から光信号品質パラメータである光信号対雑音比パラメータを得る光信号対雑音比パラメータ評価工程と、前記波形劣化パラメータ評価工程および前記光信号対雑音比パラメータ評価工程を利用して得られる、光信号品質劣化がないシステム導入時の該波形劣化パラメータと光信号対雑音比パラメータの初期値または初期特性を記憶媒体に記憶する初期状態記憶工程と、前記波形劣化パラメータ評価工程で得られた前記波形劣化パラメータの測定値と前記光信号対雑音比パラメータ評価工程で得られた前記光信号対雑音比パラメータ



タの測定値と、前記初期状態記憶工程で前記記憶媒体に記憶されている光信号品質劣化がないシステム導入時の該波形劣化パラメータと光信号対雑音比パラメータの初期値または初期特性とを利用して光信号品質劣化要因を評価する光信号品質評価工程であって、該波形劣化パラメータと該光信号対雑音比パラメータの両方を規定し評価することによって、光信号品質劣化の主要因が光信号対雑音比劣化なのか波形劣化なのかを判別する光信号品質評価工程とを有することを特徴とする。

【0016】上記目的を達成するため、本発明の請求項7の光信号品質劣化要因監視方法は、被測定光信号を分岐する光分岐工程と、前記光分岐工程により分岐された一方の被測定光信号から光信号振幅ヒストグラムを得る光信号振幅ヒストグラム測定工程と、前記光分岐工程により分岐された他方の被測定光信号から光信号・光雑音の測定を行う光信号・光雑音強度測定工程と、前記光信号振幅ヒストグラム測定工程によって得られる光信号振幅ヒストグラムから光信号品質パラメータである平均Q値パラメータと波形劣化パラメータを得る平均Q値パラメータ評価および波形劣化パラメータ評価工程と、前記光信号・光雑音強度測定工程によって得られる前記光信号・光雑音強度から光信号品質パラメータである光信号対雑音比パラメータを得る光信号対雑音比パラメータ評価工程と、前記平均Q値パラメータ評価および波形劣化パラメータ評価工程で得られた前記平均Q値パラメータの測定値と前記波形劣化パラメータの測定値と前記光信号対雑音比パラメータ評価工程で得られた光信号対雑音比パラメータの測定値を利用して光信号品質劣化要因を評価する光信号品質評価工程であって、該平均Q値パラメータと該波形劣化パラメータと該光信号対雑音比パラメータの全部を規定し評価することによって、光信号品質劣化の主要因が光信号対雑音比劣化なのか、波形劣化なのか、それ以外なのかを判別する光信号品質評価工程とを有することを特徴とする。

【0017】上記目的を達成するため、本発明の請求項8の光信号品質劣化要因監視方法は、被測定光信号を分岐する光分岐工程と、前記光分岐工程により分岐された一方の被測定光信号から光信号振幅ヒストグラムを得る光信号振幅ヒストグラム測定工程と、前記光分岐工程により分岐された他方の被測定光信号から光信号・光雑音の測定を行う光信号・光雑音強度測定工程と、前記光信号振幅ヒストグラム測定工程によって得られる光信号振幅ヒストグラムから光信号品質パラメータである平均Q値パラメータと波形劣化パラメータを得る平均Q値パラメータ評価および波形劣化パラメータ評価工程と、前記光信号・光雑音強度測定工程によって得られる前記光信号・光雑音強度から光信号品質パラメータである光信号対雑音比パラメータを得る光信号対雑音比パラメータ評価工程と、前記平均Q値パラメータ評価および波形劣化パラメータ評価工程と前記光信号対雑音比パラメータ評

価工程とを利用して得られる、光信号品質劣化がないシステム導入時の平均Q値パラメータと波形劣化パラメータと光信号対雑音比パラメータの初期値または初期特性を記憶媒体に記憶する初期状態記憶工程と、前記平均Q値パラメータ評価および波形劣化パラメータ評価工程で得られた前記平均Q値パラメータの測定値と前記波形劣化パラメータの測定値と前記光信号対雑音比パラメータ評価工程で得られた前記光信号対雑音比パラメータの測定値と、前記初期状態記憶工程で前記記憶媒体に記憶されている光信号品質劣化がないシステム導入時の平均Q値パラメータと波形劣化パラメータと光信号対雑音比パラメータの初期値または初期特性とを利用して光信号品質劣化要因を評価する光信号品質評価工程であって、該平均Q値パラメータと該波形劣化パラメータと該光信号対雑音比パラメータの全部を規定し評価することによって、光信号品質劣化の主要因が光信号対雑音比劣化なのか、波形劣化なのか、それ以外なのかを判別する光信号品質評価工程とを有することを特徴とする。

【0018】ここで、好ましくは、前記光信号振幅ヒストグラム測定工程が、ビットレート  $f_0$  (bit/s) の被測定光信号を電気強度変調信号に変換する光電変換工程と、前記光電変換工程によって得られる前記電気強度変調信号を、繰返し周波数が  $f_1$  (Hz) ( $f_1 = (n/m)f_0 + a$ :  $n, m$  は自然数、 $a$  はオフセット周波数) のサンプリングクロックでサンプリングする電気サンプリング工程と、前記電気サンプリング工程によって得られるサンプリング信号から光信号強度分布を求め、ある平均時間内の光信号強度分布から光信号振幅ヒストグラムを得るヒストグラム評価工程とを含む。

【0019】また、好ましくは、前記光信号振幅ヒストグラム測定工程が、ビットレート  $f_0$  (bit/s) の被測定光信号を、繰返し周波数が  $f_1$  (Hz) ( $f_1 = (n/m)f_0 + a$ :  $n, m$  は自然数、 $a$  はオフセット周波数) でパルス幅がビットレート  $f_0$  (bit/s) のタイムスロットよりも十分狭いサンプリング光パルス列と合波する光合波工程と、前記光合波工程により合波された合波光を、前記被測定光信号と前記サンプリング光パルス列の非線形相互作用を誘起するための非線形光学媒質に入射させることによって相互相関光信号を得る相互相関光信号発生工程と、前記相互相関光信号発生工程により得られる前記相互相関光信号を前記被測定光信号および前記サンプリング光パルス列から分波する光分波工程と、前記光分波工程により分波された前記相互相関光信号を電気強度変調信号に変換する光電変換工程と、前記光電変換工程によって得られる前記電気強度変調信号から光信号強度分布を求め、ある平均時間内の光信号強度分布から光信号振幅ヒストグラムを得るヒストグラム評価工程とを含む。

【0020】また、好ましくは、前記光信号振幅ヒストグラム測定工程が、ビットレート  $f_0$  (bit/s) の

被測定光信号を、サンプリングクロック発生工程から発生する繰り返し周波数が、 $f_1$  (Hz) ( $f_1 = (n/m) f_0 + a : n$ ,  $m$ は自然数、 $a$ はオフセット周波数)のサンプリングクロックでサンプリングする光ゲート工程と、前記光ゲート工程によって得られるサンプリング光信号をサンプリング電気信号に変換する光電変換工程と、前記光電変換工程によって得られる前記サンプリング電気信号から光信号強度分布を求め、ある平均時間内の光信号強度分布から光信号振幅ヒストグラムを得るヒストグラム評価工程とを含む。

【0021】また、好ましくは、前記平均Q値パラメータ評価および波形劣化パラメータ評価工程が、あらかじめ定めた強度しきい値 ( $a$ ) よりも高い振幅ヒストグラム部分から「レベル1」に相当する振幅ヒストグラム分布関数  $g_1$  を推定し、別途定めた強度しきい値 ( $b$ ) よりも低い部分から「レベル0」に相当する振幅ヒストグラム分布関数  $g_0$  を推定し、「レベル1」と「レベル0」それぞれの平均値強度と標準偏差値を関数  $g_1$  及び  $g_0$  からそれぞれ求め、「レベル1」と「レベル0」それぞれの平均値強度の差と、「レベル1」と「レベル0」それぞれの標準偏差値の和の比を平均Q値パラメータとし、「レベル1」の標準偏差値、「レベル0」の標準偏差値、「レベル1」と「レベル0」それぞれの平均値強度の差、の全部または一部を波形劣化パラメータとする処理を行う。

【0022】上記目的を達成するため、本発明の請求項12の光信号品質劣化要因監視装置は、被測定光信号から光振幅ヒストグラムを得る光信号振幅ヒストグラム測定手段と、前記光信号振幅ヒストグラム測定手段によって得られる前記光信号振幅ヒストグラムから光信号品質パラメータである平均Q値パラメータと波形劣化パラメータを得る平均Q値パラメータ評価および波形劣化パラメータ評価手段と、前記平均Q値パラメータ評価および波形劣化パラメータ評価手段で得られた前記平均Q値パラメータの測定値と前記波形劣化パラメータの測定値を利用して光信号品質劣化要因を評価する光信号品質評価手段であって、該平均Q値パラメータと該波形劣化パラメータの両方を規定し評価することによって、光信号品質劣化の主要因が前記被測定光信号の波形劣化なのか、それ以外なのかを判別する光信号品質評価手段とを有することを特徴とする。

【0023】上記目的を達成するため、本発明の請求項13の光信号品質劣化要因監視装置は、被測定光信号から光振幅ヒストグラムを得る光信号振幅ヒストグラム測定手段と、前記光信号振幅ヒストグラム測定手段によって得られる前記光信号振幅ヒストグラムから光信号品質パラメータである平均Q値パラメータと波形劣化パラメータを得る平均Q値パラメータ評価および波形劣化パラメータ評価手段と、前記平均Q値パラメータ評価および波形劣化パラメータ評価手段を利用して得られる、光信

号品質劣化がないシステム導入時の平均Q値パラメータと波形劣化パラメータの初期値または初期特性を記憶媒体に記憶する初期状態記憶手段と、前記平均Q値パラメータ評価および波形劣化パラメータ評価手段で得られた前記平均Q値パラメータの測定値と前記波形劣化パラメータの測定値と、前記初期状態記憶手段において前記記憶媒体に記憶されている前記初期値または前記初期特性とを利用して光信号品質劣化要因を評価する光信号品質評価手段であって、該平均Q値パラメータと該波形劣化パラメータの両方を規定し評価することによって、光信号品質劣化の主要因が前記被測定光信号の波形劣化なのか、それ以外なのかを判別する光信号品質評価手段とを有することを特徴とする。

【0024】上記目的を達成するため、本発明の請求項14の光信号品質劣化要因監視装置は、被測定光信号を分岐する光分岐手段と、前記光分岐手段により分岐された一方の被測定光信号から光信号振幅ヒストグラムを得る光信号振幅ヒストグラム測定手段と、前記光分岐手段により分岐された他方の被測定光信号から光信号・光雑音強度の測定を行う光信号・光雑音強度測定手段と、前記光信号振幅ヒストグラム測定手段によって得られる前記光信号振幅ヒストグラムから光信号品質パラメータである平均Q値パラメータを得る平均Q値パラメータ評価手段と、前記光信号・光雑音強度測定手段によって得られる前記光信号・光雑音強度から光信号品質パラメータである光信号対雑音比パラメータを得る光信号対雑音比パラメータ評価手段と、前記平均Q値パラメータ評価手段で得られた前記平均Q値パラメータの測定値と前記光信号対雑音比パラメータ評価手段で得られた前記光信号対雑音比パラメータの測定値とを利用して光信号品質劣化要因を評価する光信号品質評価手段であって、該平均Q値パラメータと該光信号対雑音比パラメータの両方を規定し評価することによって、光信号品質劣化の主要因が光信号対雑音比劣化なのか、それ以外なのかを判別する光信号品質評価手段とを有することを特徴とする。

【0025】上記目的を達成するため、本発明の請求項15の光信号品質劣化要因監視装置は、被測定光信号を分岐する光分岐手段と、前記光分岐手段により分岐された一方の被測定光信号から光信号振幅ヒストグラムを得る光信号振幅ヒストグラム測定手段と、前記光分岐手段により分岐された他方の被測定光信号から光信号・光雑音強度の測定を行う光信号・光雑音強度測定手段と、前記光信号振幅ヒストグラム測定手段によって得られる前記光信号振幅ヒストグラムから光信号品質パラメータである平均Q値パラメータを得る平均Q値パラメータ評価手段と、前記光信号・光雑音強度測定手段によって得られる前記光信号・光雑音強度から光信号品質パラメータである光信号対雑音比パラメータを得る光信号対雑音比パラメータ評価手段と、前記平均Q値パラメータ評価手段と前記光信号対雑音比パラメータ評価手段を利用して



得られる、光信号品質劣化がないシステム導入時の平均Q値パラメータと光信号対雑音比パラメータの初期値または初期特性を記憶媒体に記憶する初期状態記憶手段と、前記平均Q値パラメータ評価手段で得られた前記平均Q値パラメータの測定値と前記光信号対雑音比パラメータ評価手段で得られた前記光信号対雑音比パラメータの測定値と、前記初期状態記憶手段で前記記憶媒体に記憶されている前記光信号品質劣化がないシステム導入時の平均Q値パラメータと光信号対雑音比パラメータの初期値または初期特性とを利用して光信号品質劣化要因を評価する光信号品質評価手段であって、該平均Q値パラメータと該光信号対雑音比パラメータの両方を規定し評価することによって、光信号品質劣化の主要因が光信号対雑音比劣化なのか、それ以外なのかを判別する光信号品質評価手段とを有することを特徴とする。

【0026】上記目的を達成するため、本発明の請求項16の光信号品質劣化要因監視装置は、被測定光信号を分岐する光分岐手段と、前記光分岐手段により分岐された一方の被測定光信号から光信号振幅ヒストグラムを得る光信号振幅ヒストグラム測定手段と、前記光分岐手段により分岐された他方の被測定光信号から光信号・光雑音強度の測定を行う光信号・光雑音強度測定手段と、前記光信号振幅ヒストグラム測定手段によって得られる前記光信号振幅ヒストグラムから光信号品質パラメータである波形劣化パラメータを得る波形劣化パラメータ評価手段と、前記光信号・光雑音強度測定手段によって得られる前記光信号・光雑音強度から光信号品質パラメータである光信号対雑音比パラメータを得る光信号対雑音比パラメータ評価手段と、前記波形劣化パラメータ評価手段によって得られた前記波形劣化パラメータの測定値と前記光信号対雑音比パラメータ評価手段によって得られた前記光信号対雑音比パラメータの測定値とを利用して光信号品質劣化要因を評価する光信号品質評価手段であって、該波形劣化パラメータと該光信号対雑音比パラメータの両方を規定し評価することによって、光信号品質劣化の主要因が光信号対雑音比劣化なのか波形劣化なのかを判別する光信号品質評価手段とを有することを特徴とする。

【0027】上記目的を達成するため、本発明の請求項17の光信号品質劣化要因監視装置は、被測定光信号を分岐する光分岐手段と、前記光分岐手段により分岐された一方の被測定光信号から光信号振幅ヒストグラムを得る光信号振幅ヒストグラム測定手段と、前記光分岐手段により分岐された他方の被測定光信号から光信号・光雑音強度の測定を行う光信号・光雑音強度測定手段と、前記光信号振幅ヒストグラム測定手段によって得られる前記光信号振幅ヒストグラムから光信号品質パラメータである波形劣化パラメータを得る波形劣化パラメータ評価手段と、前記光信号・光雑音強度測定手段によって得られる前記光信号・光雑音強度から光信号品質パラメータ

である光信号対雑音比パラメータを得る光信号対雑音比パラメータ評価手段と、前記波形劣化パラメータ評価手段および前記光信号対雑音比パラメータ評価手段を利用して得られる、光信号品質劣化がないシステム導入時の該波形劣化パラメータと光信号対雑音比パラメータの初期値または初期特性を記憶媒体に記憶する初期状態記憶手段と、前記波形劣化パラメータ評価手段で得られた前記波形劣化パラメータの測定値と前記光信号対雑音比パラメータ評価手段で得られた前記光信号対雑音比パラメータの測定値と、前記初期状態記憶手段で前記記憶媒体に記憶されている光信号品質劣化がないシステム導入時の該波形劣化パラメータと光信号対雑音比パラメータの初期値または初期特性とを利用して光信号品質劣化要因を評価する光信号品質評価手段であって、該波形劣化パラメータと該光信号対雑音比パラメータの両方を規定し評価することによって、光信号品質劣化の主要因が光信号対雑音比劣化なのか波形劣化なのかを判別する光信号品質評価手段とを有することを特徴とする。

【0028】上記目的を達成するため、本発明の請求項18の光信号品質劣化要因監視装置は、被測定光信号を分岐する光分岐手段と、前記光分岐手段により分岐された一方の被測定光信号から光信号振幅ヒストグラムを得る光信号振幅ヒストグラム測定手段と、前記光分岐手段により分岐された他方の被測定光信号から光信号・光雑音の測定を行う光信号・光雑音強度測定手段と、前記光信号振幅ヒストグラム測定手段によって得られる光信号振幅ヒストグラムから光信号品質パラメータである平均Q値パラメータと波形劣化パラメータを得る平均Q値パラメータ評価および波形劣化パラメータ評価手段と、前記光信号・光雑音強度測定手段によって得られる前記光信号・光雑音強度から光信号品質パラメータである光信号対雑音比パラメータを得る光信号対雑音比パラメータ評価手段と、前記平均Q値パラメータ評価および波形劣化パラメータ評価手段で得られた前記平均Q値パラメータの測定値と前記波形劣化パラメータの測定値と前記光信号対雑音比パラメータ評価手段で得られた光信号対雑音比パラメータの測定値を利用して光信号品質劣化要因を評価する光信号品質評価手段であって、該平均Q値パラメータと該波形劣化パラメータと該光信号対雑音比パラメータの全部を規定し評価することによって、光信号品質劣化の主要因が光信号対雑音比劣化なのか、波形劣化なのか、それ以外なのかを判別する光信号品質評価手段とを有することを特徴とする。

【0029】上記目的を達成するため、本発明の請求項19の光信号品質劣化要因監視装置は、被測定光信号を分岐する光分岐手段と、前記光分岐手段により分岐された一方の被測定光信号から光信号振幅ヒストグラムを得る光信号振幅ヒストグラム測定手段と、前記光分岐手段により分岐された他方の被測定光信号から光信号・光雑音の測定を行う光信号・光雑音強度測定手段と、前記光



信号振幅ヒストグラム測定手段によって得られる光信号振幅ヒストグラムから光信号品質パラメータである平均Q値パラメータと波形劣化パラメータを得る平均Q値パラメータ評価および波形劣化パラメータ評価手段と、前記光信号・光雑音強度測定手段によって得られる前記光信号・光雑音強度から光信号品質パラメータである光信号対雑音比パラメータを得る光信号対雑音比パラメータ評価手段と、前記平均Q値パラメータ評価および波形劣化パラメータ評価手段と前記光信号対雑音比パラメータ評価手段とを利用して得られる、光信号品質劣化がないシステム導入時の平均Q値パラメータと波形劣化パラメータと光信号対雑音比パラメータの初期値または初期特性を記憶媒体に記憶する初期状態記憶手段と、前記平均Q値パラメータ評価および波形劣化パラメータ評価手段で得られた前記平均Q値パラメータの測定値と前記波形劣化パラメータの測定値と前記光信号対雑音比パラメータ評価手段で得られた前記光信号対雑音比パラメータの測定値と、前記初期状態記憶手段で前記記憶媒体に記憶されている光信号品質劣化がないシステム導入時の平均Q値パラメータと波形劣化パラメータと光信号対雑音比パラメータの初期値または初期特性とを利用して光信号品質劣化要因を評価する光信号品質評価手段であって、該平均Q値パラメータと該波形劣化パラメータと該光信号対雑音比パラメータの全部を規定し評価することによって、光信号品質劣化の主要因が光信号対雑音比劣化なのか、波形劣化なのか、それ以外なのかを判別する光信号品質評価手段とを有することを特徴とする。

【0030】ここで、好ましくは、前記光信号振幅ヒストグラム測定手段が、ビットレート $f_0$  (bit/s)の被測定光信号を電気強度変調信号に変換する光電変換手段と、前記光電変換手段によって得られる前記電気強度変調信号を、繰り返し周波数が $f_1$  (Hz) ( $f_1 = (n/m)f_0 + a$ :  $n, m$ は自然数、 $a$ はオフセット周波数)のサンプリングクロックでサンプリングする電気サンプリング手段と、前記電気サンプリング手段によって得られるサンプリング信号から光信号強度分布を求め、ある平均時間内の光信号強度分布から光信号振幅ヒストグラムを得るヒストグラム評価手段とを含む。

【0031】また、好ましくは、前記光信号振幅ヒストグラム測定手段が、ビットレート $f_0$  (bit/s)の被測定光信号を、繰り返し周波数が $f_1$  (Hz) ( $f_1 = (n/m)f_0 + a$ :  $n, m$ は自然数、 $a$ はオフセット周波数)でパルス幅がビットレート $f_0$  (bit/s)のタイムスロットよりも十分狭いサンプリング光パルス列と合波する光合波手段と、前記光合波手段により合波された合波光を、前記被測定光信号と前記サンプリング光パルス列の非線形相互作用を誘起するための非線形光学媒質に入射させることによって相互相関光信号を得る相互相関光信号発生手段と、前記相互相関光信号発生手段により得られる前記相互相関光信号を前記被測定

光信号および前記サンプリング光パルス列から分波する光分波手段と、前記光分波手段により分波された前記相互相関光信号を電気強度変調信号に変換する光電変換手段と、前記光電変換手段によって得られる前記電気強度変調信号から光信号強度分布を求め、ある平均時間内の光信号強度分布から光信号振幅ヒストグラムを得るヒストグラム評価手段とを含む。

【0032】また、好ましくは、前記光信号振幅ヒストグラム測定手段が、ビットレート $f_0$  (bit/s)の被測定光信号を、サンプリングクロック発生手段から発生する繰り返し周波数が $f_1$  (Hz) ( $f_1 = (n/m)f_0 + a$ :  $n, m$ は自然数、 $a$ はオフセット周波数)のサンプリングクロックでサンプリングする光ゲート手段と、前記光ゲート手段から出力されるサンプリング光信号を受光してサンプリング電気信号に変換する光電変換手段と、前記光電変換手段によって得られる前記サンプリング電気信号から光信号強度分布を求め、ある平均時間内の光信号強度分布から光信号振幅ヒストグラムを得るヒストグラム評価手段とを含む。

【0033】また、好ましくは、前記平均Q値パラメータ評価および波形劣化パラメータ評価手段が、あらかじめ定めた強度しきい値( $a$ )よりも高い振幅ヒストグラム部分から「レベル1」に相当する振幅ヒストグラム分布関数 $g_1$ を推定し、別途定めた強度しきい値( $b$ )よりも低い部分から「レベル0」に相当する振幅ヒストグラム分布関数 $g_0$ を推定し、「レベル1」と「レベル0」それぞれの平均値強度と標準偏差値を関数 $g_1$ 及び $g_0$ からそれぞれ求め、「レベル1」と「レベル0」それぞれの平均値強度の差と、「レベル1」と「レベル0」それぞれの標準偏差値の和の比を平均Q値パラメータとし、「レベル1」の標準偏差値、「レベル0」の標準偏差値、「レベル1」と「レベル0」それぞれの平均値強度の差、の全部または一部を波形劣化パラメータとする処理を行う。

【0034】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。

(第1の実施形態)図1の(A)、(B)に本発明の第1の実施形態における光信号品質劣化要因監視装置の構成を示す。本実施形態の光信号品質劣化要因監視装置101は、光信号振幅ヒストグラム測定部103と、平均Q値パラメータ評価部105と、波形劣化パラメータ評価部107と、初期状態記憶部109と、光信号品質評価部111とを有する。

【0035】光信号振幅ヒストグラム測定部103は被測定光信号から光振幅ヒストグラムを得る。平均Q値パラメータ評価部105はその光信号振幅ヒストグラムから光信号品質パラメータである平均Q値パラメータを得る。波形劣化パラメータ評価部107はその光信号振幅ヒストグラムから光信号品質パラメータである波形劣化

パラメータを得る。初期状態記憶部109は光信号品質劣化がないシステム導入時の平均Q値パラメータと波形劣化パラメータの初期値または初期特性を記憶媒体に記憶する。

【0036】光信号品質評価部111は平均Q値パラメータの測定値と波形劣化パラメータの測定値と、初期状態記憶部109の記憶媒体に記憶されている初期値または初期特性とを利用して、光信号品質劣化要因を評価するが、その際に、平均Q値パラメータと波形劣化パラメータの両方を規定し評価することによって、光信号品質劣化の主要因が被測定光信号の波形劣化なのか、それ以外なのかを判別する。

【0037】次に、図2のフローチャートを参照して、本実施形態における光信号品質劣化要因監視の手順を詳述する。

ステップ201：信号劣化がない状態のシステム導入時に、平均Q値パラメータと波形劣化パラメータの(a)…初期値のみ、または(b)…光信号対雑音比劣化依存性を評価する。

ステップ203：ステップ201の測定結果を初期状態記憶部109に記憶する。(以上、図1の(A))。

ステップ205：システム運用開始後は一定の時間間隔で平均Q値パラメータと波形劣化パラメータを評価する。

ステップ207：平均Q値パラメータと波形劣化パラメータを測定するごとに光信号品質評価部111においてそれら測定値と、初期状態記憶部109の初期値または光信号対雑音比劣化依存グラフと比較する。

ステップ209：初期値からの平均Q値パラメータの劣化を観測した場合、または平均Q値パラメータが初期状態記憶部の光信号対雑音比劣化依存性グラフのあらかじめ決められたしきい値を下回った場合に、

(a)…波形劣化パラメータの変化がないか、もしくは小さいときは、劣化要因は波形劣化以外であると判別する。

(b)…波形劣化パラメータの変化が大きいときは、劣化要因は主に波形劣化であると判別する。(以上、図1の(B))。

【0038】光信号振幅ヒストグラム測定部103は、例えば図3に示すように、光電変換部303と、電気サンプリングオシロスコープ305と、ヒストグラム評価部307とで構成される。この構成では、光電変換部303において、ビットレート $f_0$  (bit/s)の被測定光信号を電気強度変調信号に変換し、電気サンプリングオシロスコープ305において、その電気強度変調信号を繰り返し周波数が $f_1$  (Hz) ( $f_1 = (n/m)f_0 + a$ ;  $n, m$ は自然数、 $a$ はオフセット周波数)のサンプリングクロックでサンプリングし、ヒストグラム評価部307において、そのサンプリングオシロスコープ305によって得られるサンプリング信号から、図5

に示すように、光信号強度分布を求め、ある平均時間内のその光信号強度分布から光信号振幅ヒストグラムを得る。

【0039】また、光信号振幅ヒストグラム測定部103の別の例を図4に示す。本例の光信号振幅ヒストグラム測定部103は、光サンプリングオシロスコープ405とヒストグラム評価部307とで構成される。

【0040】この光サンプリングオシロスコープ405は、公知技術の光サンプリング法(参考文献[3]: H. Takara, S. Kawanishi, A. Yokoo, S. Tomaru, T. Kito h, and M. Saruwatari, "100 Gbit/s optical signal eye-diagram measurement with optical sampling using organic nonlinear optical crystal", Electron. Lett., 24, pp. 2256-2258, 1996.)を利用できる。すなわち、光サンプリングオシロスコープ405は、ビットレート $f_0$  (bit/s)の被測定光信号と繰り返し周波数が $f_1$  (Hz) ( $f_1 = (n/m)f_0 + a$ ;  $n, m$ は自然数、 $a$ はオフセット周波数)でパルス幅がビットレート $f_0$  (bit/s)のタイムスロットよりも十分狭いサンプリング光パルス列とを合波する光合波部と、その被測定光信号とそのサンプリング光パルス列の非線形相互作用を誘起するための非線形光学媒質に入射させることによって相互相関光信号を得る相互相関光信号発生部と、その相互相関光信号をその被測定光信号およびそのサンプリング光パルス列から分波する光分波部と、この光分波部により分波された相互相関光信号を電気強度変調信号に変換する光電変換と、その電気強度変調信号から図5のように光信号強度分布を求め、ある平均時間内の該光信号強度分布から光信号振幅ヒストグラムを得るヒストグラム評価部とから構成できる。

【0041】また、光サンプリングオシロスコープ405は、別の例として、サンプリングクロック発生部と、ビットレート $f_0$  (bit/s)の光信号をこのサンプリングクロック発生部から発生する繰り返し周波数が、 $f_1$  (Hz) ( $f_1 = (n/m)f_0 + a$ ;  $n, m$ は自然数、 $a$ はオフセット周波数)

のサンプリングクロックでサンプリングする光ゲート部と、この光ゲート部から出力されるサンプリング光信号を受光してサンプリング電気信号に変換する光電変換部と、そのサンプリング電気信号から光信号強度分布を求め、ある平均時間内の光信号強度分布から光信号振幅ヒストグラムを得るヒストグラム評価部とから構成できる。ここで、サンプリングクロック発生部には、シンセサイズド信号発生器+コムジェネレータによる電気短パルス発生などを用いることができる。また、必要に応じて、そのコムジェネレータの前段または後段に電気増幅器を用いることもできる。また、必要に応じて、そのコムジェネレータの後段にベースバンドクリップを用いることもできる。上記光ゲート部には、電界吸収型光変調器によるゲート動作などを用いることができる。



【0042】図1の平均Q値パラメータ評価部105と波形劣化パラメータ評価部107では、例えば、図6から図9に示すような評価方法が利用できる。

【0043】図6における平均Q値パラメータおよび波形劣化パラメータ評価アルゴリズムは以下の通りである。

(1) : 光信号振幅ヒストグラム測定部103から得られる光信号振幅ヒストグラム(図6の(A))に対して、

(2) : 振幅ヒストグラムのうち強度レベルの小さい方から調べたときの極大値を $m_0'$ と定める(図6の(B))。

(3) : 次に、強度レベル最大のサンプリング点( $m_0'$ )から強度レベルが小さい方に向かってサンプリング点数を積分して、

$$N(\text{middle}) = N(\text{total}) \times D \times M$$

(但し、 $N(\text{total})$ は全サンプリング点数、 $D$ は光信号のデューティ比(パルス幅とタイムスロットの比)、 $M$ はマーク率(デジタル伝送におけるレベル1の発生確率))

で求まるサンプリング点数 $N(\text{middle})$ と、積分値が等しくなったときの積分したサンプリング点の最小レベルを $m(\text{middle})$ とする(図6の(C))。

$$(4) : m_1' = 2 \times \{m(\text{middle}) - m_0'\}$$

で求まる $m_1'$ を定める(図6の(D))。

$$(5) : m_1' - \alpha (m_1' - m_0')$$

で求まる強度レベルをしきい値( $a$ )

$$m_0' + \alpha (m_1' - m_0')$$

で求まる強度レベルをしきい値( $b$ )

(但し、 $\alpha$ は $0 < \alpha < 0.5$ の実数)と定め、強度レベルがしきい値( $a$ )以上の分布をレベル1の分布 $g_1$ 、しきい値( $b$ )以下の分布をレベル0の分布 $g_0$ とし、それぞれの分布 $g_1$ 、 $g_0$ において、平均値 $m_1$ 、 $m_0$ と標準偏差 $s_1$ 、 $s_0$ を求める(図6の(E))。

$$(6) : (5) \text{で求めた平均値と標準偏差から}$$

$$Q_{avg} = |m_1 - m_0| / (s_1 + s_0)$$

で求まるQ値を平均Q値パラメータとし、 $s_1$ を波形劣化パラメータ(WD)とする。

【0044】図7における平均Q値パラメータおよび波形劣化パラメータ評価アルゴリズムは以下の通りである。

(1) : 光信号振幅ヒストグラム測定部103から得られる光信号振幅ヒストグラムに対して(図7の(A))、

(2) : 振幅ヒストグラムのうち強度レベルの小さい方から調べたときの最初の極大値をしきい値( $b$ )と定める(図7の(B))。

(3) : 強度レベル最大のサンプリング点から強度レ

ベルが小さい方に向かってサンプリング点数を積分して、

$$N(\text{middle}) = N(\text{total}) \times D \times M$$

(但し、 $N(\text{total})$ は全サンプリング点数、 $D$ は光信号のデューティ比(パルス幅とタイムスロットの比)、 $M$ はマーク率(デジタル伝送におけるレベル1の発生確率))で求まるサンプリング点数 $N(\text{middle})$ と積分値が等しくなったときの、積分したサンプリング点の最小レベルを $m(\text{middle})$ とする(図7の(C))。

$$(4) : \text{しきい値}(a) = 2 \times \{m(\text{middle}) - \text{しきい値}(b)\} \text{でしきい値}(a) \text{を定める(図7の(D))。}$$

(5) : 振幅ヒストグラムのうち、強度レベルがしきい値( $a$ )以上の部分を正規分布 $g_1$ の一部と仮定し、しきい値( $b$ )以下の部分を正規分布 $g_0$ の一部と仮定し、最小二乗法などによりフィッティングしてレベル1、レベル0の平均値 $m_1$ 、 $m_0$ と標準偏差 $s_1$ 、 $s_0$ を求める(図7の(E))。

$$(6) : (5) \text{で求めた平均値と標準偏差から}$$

$$Q_{avg} = |m_1 - m_0| / (s_1 + s_0)$$

で求まるQ値を平均Q値パラメータとし、 $s_1$ を波形劣化パラメータとする。分布関数 $g_0$ 、 $g_1$ としてはカイ二乗分布を仮定することもできる(参考文献[4]: D. Marcuse, "Derivation of Analytical Expressions for the Bit-Error Probability in Lightwave Systems with Optical Amplifiers," IEEE J. Lightwave Technol., Vol.8, No. 12, pp1816-1823, 1990)。

【0045】図8における平均Q値パラメータおよび波形劣化パラメータ評価アルゴリズムは以下の通りである。

(1) : 光信号振幅ヒストグラム測定部103から得られる光信号振幅ヒストグラムに対して(図8の(A))、

(2) : 振幅ヒストグラムのうち強度レベルの小さい方から調べたときの最初の極大値をしきい値( $b$ )と定める(図8の(B))。

(3) : 振幅ヒストグラムのうち、強度レベルがしきい値( $b$ )以下の部分を正規分布 $g_0$ の一部と仮定し、最小二乗法などによりフィッティングしてレベル0の平均値 $m_0$ と標準偏差 $s_0$ をそれぞれ求める(図8の(C))。

(4) : 振幅ヒストグラム全体から(3)で求めた関数 $g_0$ を差し引いた分布 $g_1x$ を求め、分布 $g_1x$ のうち強度レベルの大きい方から調べたときの最初の極大値をしきい値( $a$ )と定める。 $g_1x$ は、レベル1の分布関数 $g_1$ とクロスポイントの分布関数 $g_x$ の重ね合わせと考えられる(図8の(D))。

(5) : 分布 $g_1x$ のうち強度レベルがしきい値( $a$ )以上の部分を正規分布 $g_1$ の一部と仮定し、最小二乗法などによりフィッティングしてレベル1の平均値 $m$



1と標準偏差 $s_1$ をそれぞれ求める(図8の(E))。

(6): しきい値(a), (b)をそれぞれ $m_1$ ,  $m_0$ とする(図8の(F))。

(7): (5)で求めた平均値と標準偏差から

$$Q_{avg} = |m_1 - m_0| / (s_1 + s_0)$$

で求まるQ値を平均Q値パラメータとし、 $s_1$ を波形劣化パラメータとする。分布関数 $g_0$ ,  $g_1$ としてはカイ二乗分布を仮定することもできる(参照文献[4])。

【0046】図9における平均Q値パラメータおよび波形劣化パラメータ評価アルゴリズムは以下の通りである。

(1): 光信号振幅ヒストグラム測定部103から得られる光信号振幅ヒストグラムに対して(図9の

(A))、

(2): 振幅ヒストグラムのうち強度レベルの大きい方から調べたときの最初の極大値をしきい値(a)、振幅ヒストグラムのうち強度レベルの小さい方から調べたときの最初の極大値をしきい値(b)と定める(図9の(B))。

(3): 振幅ヒストグラムのうち、強度レベルがしきい値(a)以上の部分を正規分布 $g_1$ と仮定し、しきい値(b)以下の部分を正規分布 $g_0$ と仮定し、最小二乗法などによりフィッティングして、最小二乗法などによりフィッティングしてレベル1の平均値 $m_1$ と標準偏差 $s_1$ 、レベル0の平均値 $m_0$ と標準偏差 $s_0$ を求める(図9の(C))。

(4): (3)で求めた平均値と標準偏差から

$$Q_{avg} = |m_1 - m_0| / (s_1 + s_0)$$

で求まるQ値を平均Q値パラメータとし、 $s_1$ を波形劣化パラメータとする。分布関数 $g_0$ ,  $g_1$ としてはカイ二乗分布を仮定することもできる(参考文献[4])。

【0047】本実施形態における、実際の測定結果を図10、および図11に示す。

【0048】図10の(A)~(C)は、10Gb/s NRZ光信号から得られる光信号振幅ヒストグラムを示す。図10の(A)は波長分散値が340ps/nm、最小受光パワー-31dBmの場合であり、図10の(B)は波長分散値が1360ps/nm、最小受光パワー-31dBmの場合であり、図10の(C)は波長分散値が340ps/nm、最小受光パワー-39dBmの場合である。

【0049】すなわち、図10の(A)と(B)の比較では、光信号対雑音比劣化がなく波長分散による波形劣化がある場合の振幅ヒストグラムの変化を確認できるが、レベル1(振幅の大きい側のピーク)の分布の標準偏差の増加が見られ、それによる平均Q値の減少が予想できる。

【0050】図10の(A)と(C)の変化では、波長分散による波形劣化がなく光信号対雑音比劣化がある場合の振幅ヒストグラムの変化を確認できるが、レベル1

と0の平均値の差の減少が顕著に見られ、それによる平均Q値の減少が予想される。つまり、波形劣化だけの場合と光信号対雑音比劣化だけの場合とで、平均Q値減少の原因が異なる傾向が確認できる。

【0051】図11の(A)、(B)のグラフは上記の考察を実験的に確認したものである。左右どちらのグラフも波長分散値が340ps/nm、最小受光パワー-31dBmの場合の値を1として各パラメータの変化をプロットしている。

【0052】左側の図11の(A)に示すグラフは、波長分散値の変化に対する平均Q値パラメータの変化、波形劣化パラメータ $s_1$ の変化、レベル0と1の平均値の差の変化を示しており、波長分散値の増加(波形劣化の増大)に伴って、平均Q値パラメータの減少と波形劣化パラメータ $s_1$ の増加が見られる。

【0053】右の図11の(B)に示すグラフは、最小受光パワーの変化に対する平均Q値パラメータの変化、波形劣化パラメータ $s_1$ の変化、レベル0と1の平均値の差の変化を示しており、最小受光パワーの減少(光信号対雑音比の減少)に伴って、平均Q値パラメータの減少がみられ、波形劣化パラメータ $s_1$ の変化が小さい。これは左側のグラフの波形劣化の場合と区別できる。

【0054】(第2の実施形態)図12に本発明の第2の実施形態における光信号品質劣化要因監視装置の構成を示す。本実施形態の光信号品質劣化要因監視装置1201は、光分岐器1203と、光信号振幅ヒストグラム測定部1205と、光信号・光雑音強度測定部1207と、平均Q値パラメータ評価部1209と、光信号対雑音比パラメータ評価部1211と、初期状態記憶部1213と、光信号品質評価部1214とを有する。

【0055】光分岐器1203は被測定光信号を分岐する。光信号振幅ヒストグラム測定部1205は分岐された一方の被測定光信号から光信号振幅ヒストグラムを得る。光信号・光雑音強度測定部1207は分岐された他方の被測定光信号から光信号・光雑音強度の測定を行う。平均Q値パラメータ評価部1209は光信号振幅ヒストグラム測定部1205によって得られる光信号振幅ヒストグラムから光信号品質パラメータである平均Q値パラメータを得る。光信号対雑音比パラメータ評価部1211は光信号振幅ヒストグラム測定部1205によって得られる光信号・光雑音強度から光信号品質パラメータである光信号対雑音比パラメータを得る。初期状態記憶部1213は光信号品質劣化がないシステム導入時の平均Q値パラメータと波形劣化パラメータと光信号対雑音比パラメータの初期値または初期特性を記憶媒体に記憶する。

【0056】光信号品質評価部1214は、平均Q値パラメータの測定値と光信号対雑音比パラメータの測定値と、記憶媒体に記憶されている光信号品質劣化がないシステム導入時の平均Q値パラメータと光信号対雑音比パ

ラメータの初期値または初期特性とを利用して光信号品質劣化要因を評価するが、その際に平均Q値パラメータと光信号対雑音比パラメータの両方を規定し評価することによって、光信号品質劣化の主要因が光信号対雑音比劣化なのか、それ以外なのかを判別する。

【0057】次に、図13のフローチャートを参照して、本実施形態における光信号品質劣化要因監視の手順を詳述する。

ステップ1301： 信号劣化がない状態のシステム導入時に、平均Q値パラメータと光信号対雑音比パラメータの(a)…初期値のみ、または(b)…光信号対雑音比劣化依存性を評価する。

ステップ1303： その測定結果を初期状態記憶部1213に記憶する。(以上、図12の(A))。

ステップ1305： システム運用開始後は一定の時間間隔で平均Q値パラメータと光信号対雑音比パラメータを評価する。

ステップ1307： 平均Q値パラメータと光信号対雑音比パラメータを測定するごとに、光信号品質評価部1214において初期状態記憶部1213の初期値または光信号対雑音比劣化依存性グラフと比較する。

ステップ1309： 初期値からの平均Q値パラメータの劣化を観測した場合、または平均Q値パラメータが初期状態記憶部1213の光信号対雑音比劣化依存性グラフのあらかじめ決められたしきい値を下回った場合に、(a)…光信号対雑音比パラメータの変化がないか、もしくは小さいときは、劣化要因は波形劣化と光信号対雑音比劣化以外であると判別する。

(b)…光信号対雑音比パラメータの変化が大きいときは、劣化要因は主に光信号対雑音比劣化であると判別する。(以上、図12の(B))。

【0058】光信号振幅ヒストグラム測定部1205は、図3～図5に具体例で示すように、電気サンプリングや光サンプリングを用いた方法を利用でき、その詳細は第1の実施形態に述べたとおりである。

【0059】平均Q値パラメータ評価部1209は、図6～図9に示すような評価方法が利用できる。その詳細は第1の実施形態に述べたとおりである。

【0060】光信号・光雑音強度測定部1207には、例えば光スペクトルアナライザを用いることができる。

【0061】また、光信号対雑音比パラメータ評価部1211では、例えば図14に示すように、光信号対雑音比( $OSNR = 10 \log$  (光信号強度/光雑音強度))で光信号対雑音比パラメータを評価できる。

【0062】(第3の実施形態)図15に本発明の第3の実施形態における光信号品質劣化要因監視装置の構成を示す。なお、図15において、図12と同様な構成要素には同一符号を付してある。本実施形態の光信号品質劣化要因監視装置1501は、光分岐器1203と、光信号振幅ヒストグラム測定部1205と、光信号・光雑

音強度測定部1207と、平均Q値パラメータ評価部1503と、波形劣化パラメータ評価部1505と、光信号対雑音比パラメータ評価部1211と、初期状態記憶部1213と、光信号品質評価部1214とを有する。

【0063】光分岐器1203は被測定光信号を分岐する。光信号振幅ヒストグラム測定部1205は分岐された一方の被測定光信号から光信号振幅ヒストグラムを得る。光信号・光雑音強度測定部1207は分岐された他方の被測定光信号から光信号・光雑音の測定を行う。平均Q値パラメータ評価部1503は光信号振幅ヒストグラムから光信号品質パラメータである平均Q値パラメータを得る。波形劣化パラメータ評価部1505は光信号振幅ヒストグラムから光信号品質パラメータである波形劣化パラメータを得る。光信号対雑音比パラメータ評価部1211は光信号・光雑音強度から光信号品質パラメータである光信号対雑音比パラメータを得る。初期状態記憶部1213は光信号品質劣化がないシステム導入時の平均Q値パラメータと波形劣化パラメータと光信号対雑音比パラメータの初期値または初期特性を記憶媒体に記憶する。

【0064】光信号品質評価部1214は、平均Q値パラメータの測定値と波形劣化パラメータの測定値と光信号対雑音比パラメータの測定値と、記憶媒体に記憶されている光信号品質劣化がないシステム導入時の初期値または初期特性とを利用して光信号品質劣化要因を評価するが、その際に平均Q値パラメータと波形劣化パラメータと光信号対雑音比パラメータの全部を規定し評価することによって、光信号品質劣化の主要因が光信号対雑音比劣化なのか、波形劣化なのか、それ以外なのかを判別する。

【0065】次に、図16のフローチャートを参照して、本実施形態における光信号品質劣化要因監視の手順を詳述する。

ステップ1601： 信号劣化がない状態のシステム導入時に、平均Q値パラメータと波形劣化パラメータと光信号対雑音比パラメータの(a)…初期値のみ、または(b)…光信号対雑音比劣化依存性を評価する。

ステップ1603： その測定結果を初期状態記憶部1213に記憶する。(以上、図15の(A))。

ステップ1605： システム運用開始後は一定の時間間隔で平均Q値パラメータと波形劣化パラメータと光信号対雑音比パラメータを評価する。ステップ1607：

平均Q値パラメータと波形劣化パラメータと光信号対雑音比パラメータを測定するごとに、光信号品質評価部1214において初期状態記憶部1213の初期値または光信号対雑音比劣化依存性グラフと比較する。ステップ1609： 初期値からの平均Q値パラメータの劣化を観測した場合、または平均Q値パラメータが初期状態記憶部1213の光信号対雑音比劣化依存性グラフのあらかじめ決められたしきい値を下回った場合に、



(a) …波形劣化パラメータの変化がないか、もしくは小さく、かつ、光信号対雑音比パラメータの変化がないか、もしくは小さいときは、劣化要因は波形劣化と光信号対雑音比劣化以外であると判別する。

(b) …光信号対雑音比パラメータの変化が大きいときは、劣化要因は主に光信号対雑音比劣化であると判別する。

(c) …波形劣化パラメータの変化が大きいときは、劣化要因は主に波形劣化であると判別する。(以上、図15の(B))。

【0066】光信号振幅ヒストグラム測定部1205は、図3～図5に具体例で示すように、電気サンプリングや光サンプリングを用いた方法を利用でき、その詳細は第1の実施形態に述べたとおりである。

【0067】平均Q値パラメータ評価部1503は、図6～図9に示すような評価方法が利用できる。その詳細は第1の実施形態に述べたとおりである。

【0068】光信号・光雑音強度測定部1207と光信号対雑音比パラメータ評価部1211は、図14に示すような評価方法が利用できる。その詳細は第2の実施形態に述べたとおりである。

【0069】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、光信号品質の劣化要因を監視できるので、サービスあたりの通信容量が大きく、多様な信号形式、信号ビットレートを有するマルチメディアサービスを収容できるような、経済的で信頼性の高い光ネットワークを実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態の光信号品質劣化要因監視装置の構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の第1の実施形態の光信号品質劣化要因監視装置で利用した光信号劣化要因の推測アルゴリズムを示すフローチャートである。

【図3】図1の光信号振幅ヒストグラム測定部の構成例を示すブロック図である。

【図4】図1の光信号振幅ヒストグラム測定部の他の構成例を示すブロック図である。

【図5】図1の光信号品質劣化要因監視装置におけるヒストグラム評価の方法を示す特性図である。

【図6】図1の光信号品質劣化要因監視装置における平均Q値パラメータおよび波形劣化パラメータ評価のアルゴリズムの第1の例を示す特性図である。

【図7】図1の光信号品質劣化要因監視装置における平均Q値パラメータおよび波形劣化パラメータ評価のアルゴリズムの第2の例を示す特性図である。

【図8】図1の光信号品質劣化要因監視装置における平均Q値パラメータおよび波形劣化パラメータ評価のアルゴリズムの第3の例を示す特性図である。

【図9】図1の光信号品質劣化要因監視装置における平均Q値パラメータおよび波形劣化パラメータ評価のアルゴリズムの第4の例を示す特性図である。

【図10】図1の光信号品質劣化要因監視装置において10Gbit/s NRZ光信号から得られる光信号振幅ヒストグラムを示すグラフである。

【図11】波形劣化だけの場合と光信号対雑音比劣化だけの場合とで、平均Q値減少の原因が異なる傾向を実験的に確認したグラフである。

【図12】本発明の第2の実施形態の光信号品質劣化要因監視装置の構成を示すブロック図である。

【図13】本発明の第2の実施形態の光信号品質劣化要因監視装置で利用した光信号劣化要因の推測アルゴリズムを示すフローチャートである。

【図14】図12の信号対雑音比パラメータ評価部の特性を示す概念図である。

【図15】本発明の第3の実施形態の光信号品質劣化要因監視装置の構成を示すブロック図である。

【図16】本発明の第3の実施形態の光信号品質劣化要因監視装置で利用した光信号劣化要因の推測アルゴリズムを示すフローチャートである。

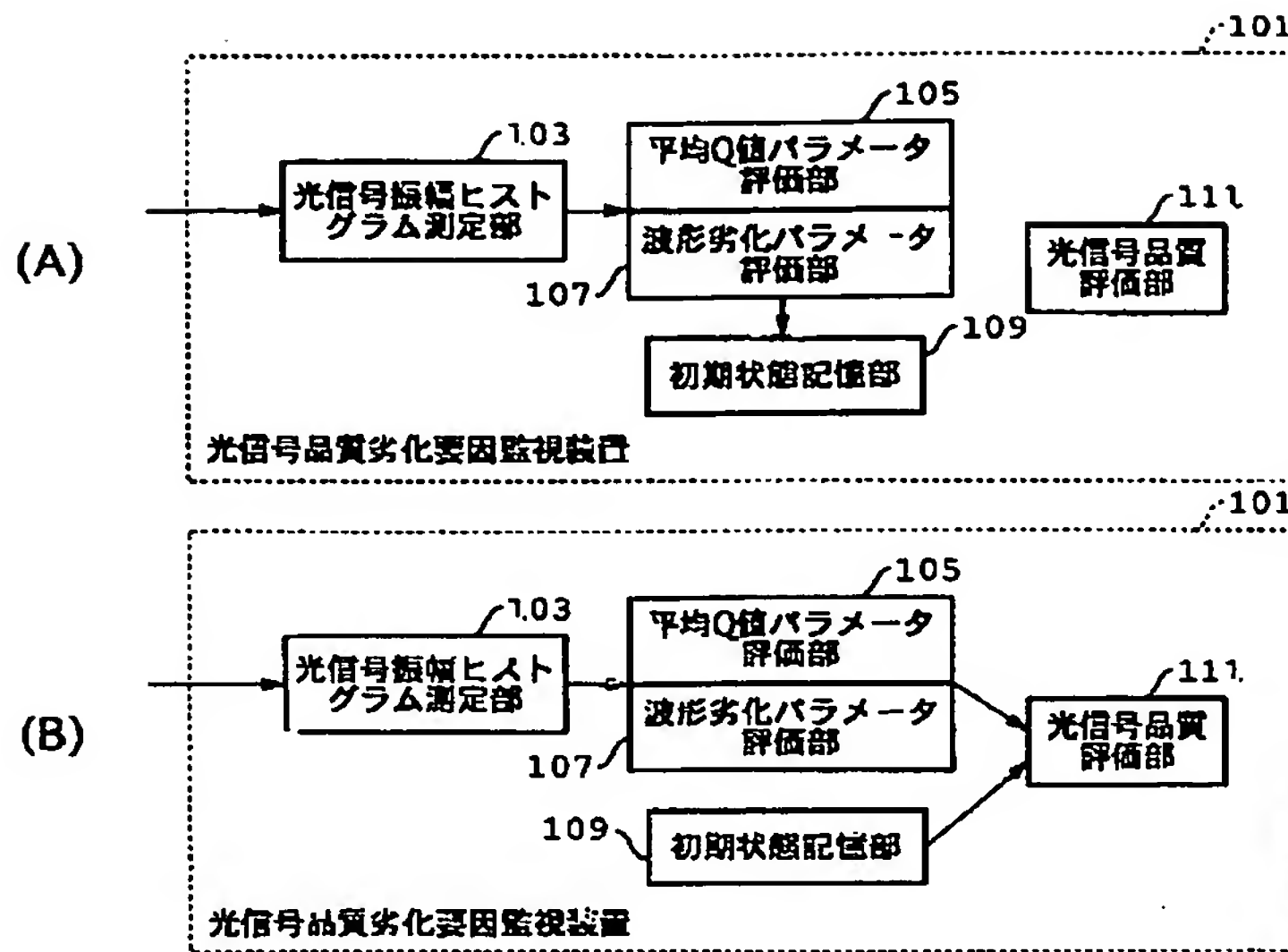
【図17】従来の光信号品質監視部の構成例を示すブロック図である。

【符号の説明】

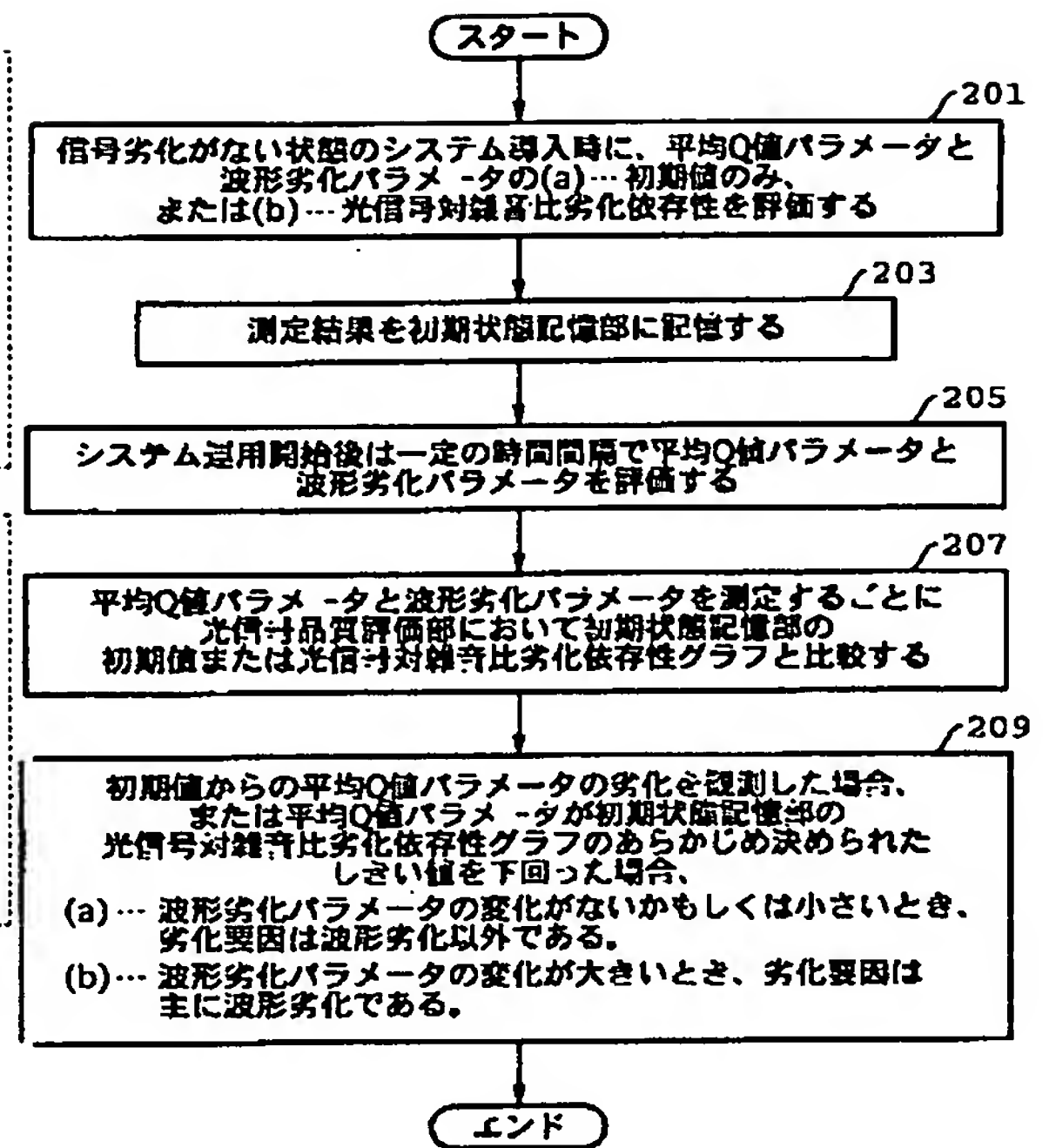
- 101 光信号品質劣化要因監視装置
- 103 光信号振幅ヒストグラム測定部
- 105 平均Q値パラメータ評価部
- 107 波形状態記憶部
- 111 光信号品質評価部
- 303 光電変換部
- 305 電気サンプリングオシロスコープ
- 307 ヒストグラム評価部
- 405 光サンプリングオシロスコープ
- 1201 光信号品質劣化要因監視装置
- 1203 光分岐器
- 1205 光信号振幅ヒストグラム測定部
- 1207 光信号・光雑音強度測定部
- 1209 平均Q値パラメータ評価部
- 1211 信号対雑音比パラメータ評価部
- 1213 初期状態記憶部
- 1214 光信号品質評価部
- 1501 光信号品質劣化要因監視装置
- 1503 平均Q値パラメータ評価部
- 1505 波形劣化パラメータ評価部
- 1701 光信号品質監視部
- 1703 光信号振幅ヒストグラム測定部
- 1705 平均Q値パラメータ評価部
- 1707 光信号品質評価部



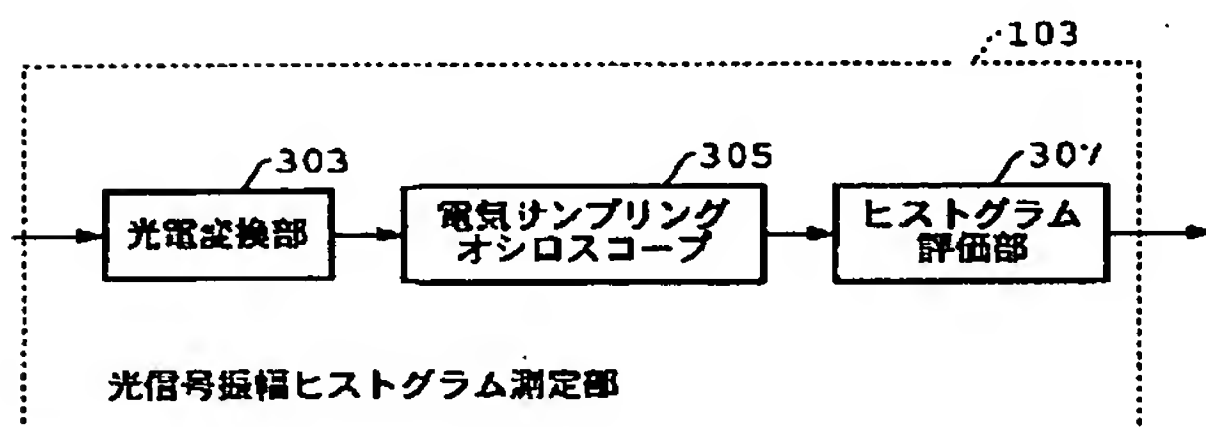
【図1】



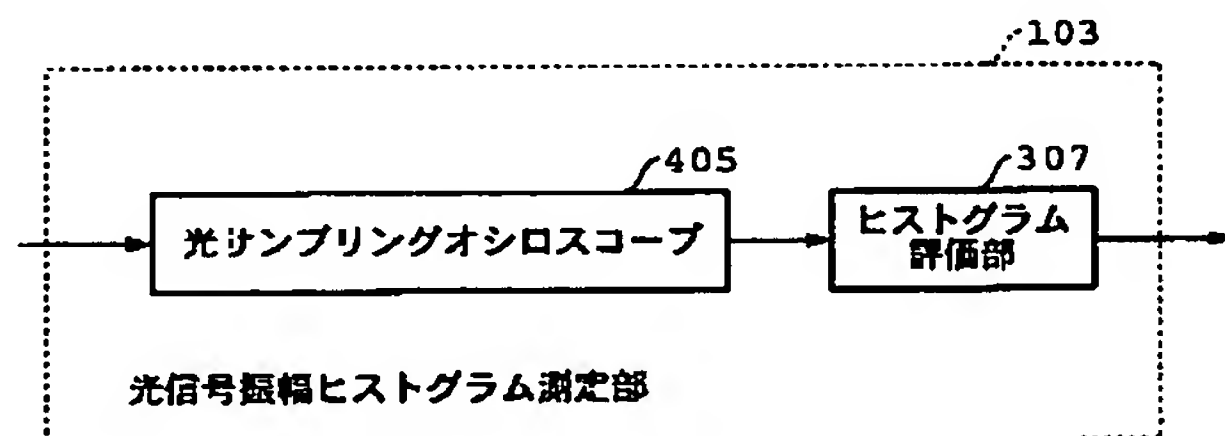
【図2】



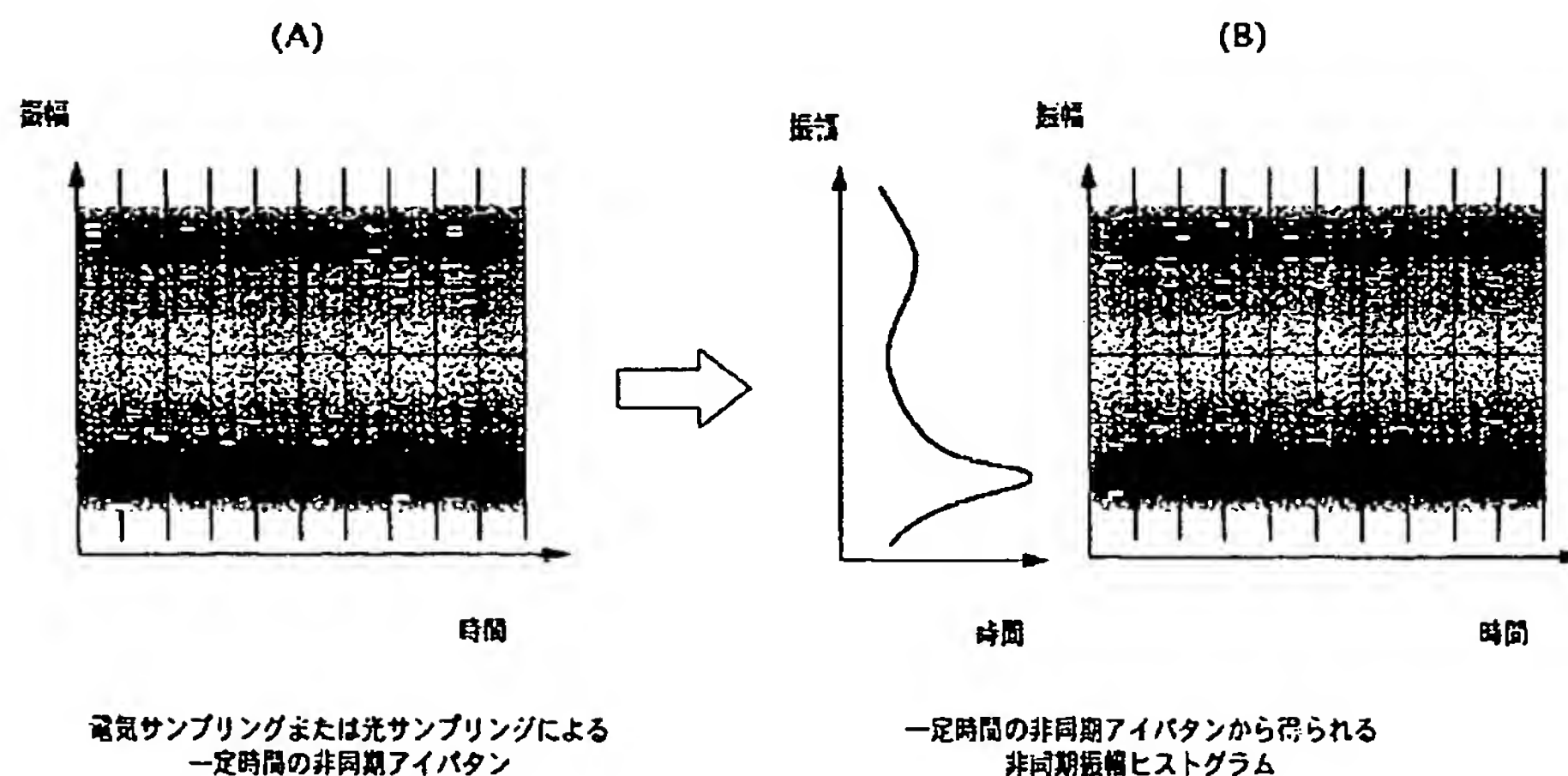
【図3】



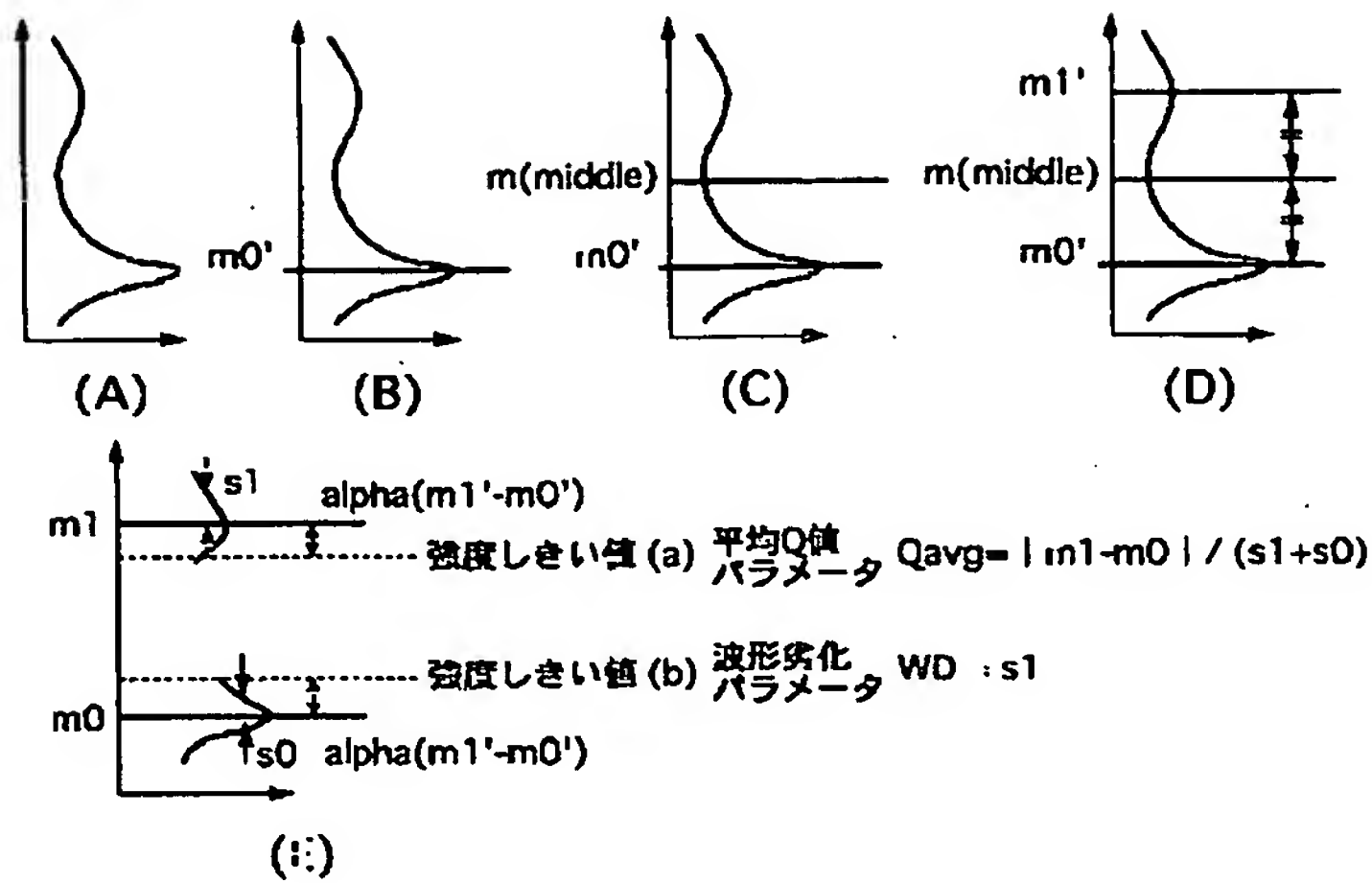
【図4】



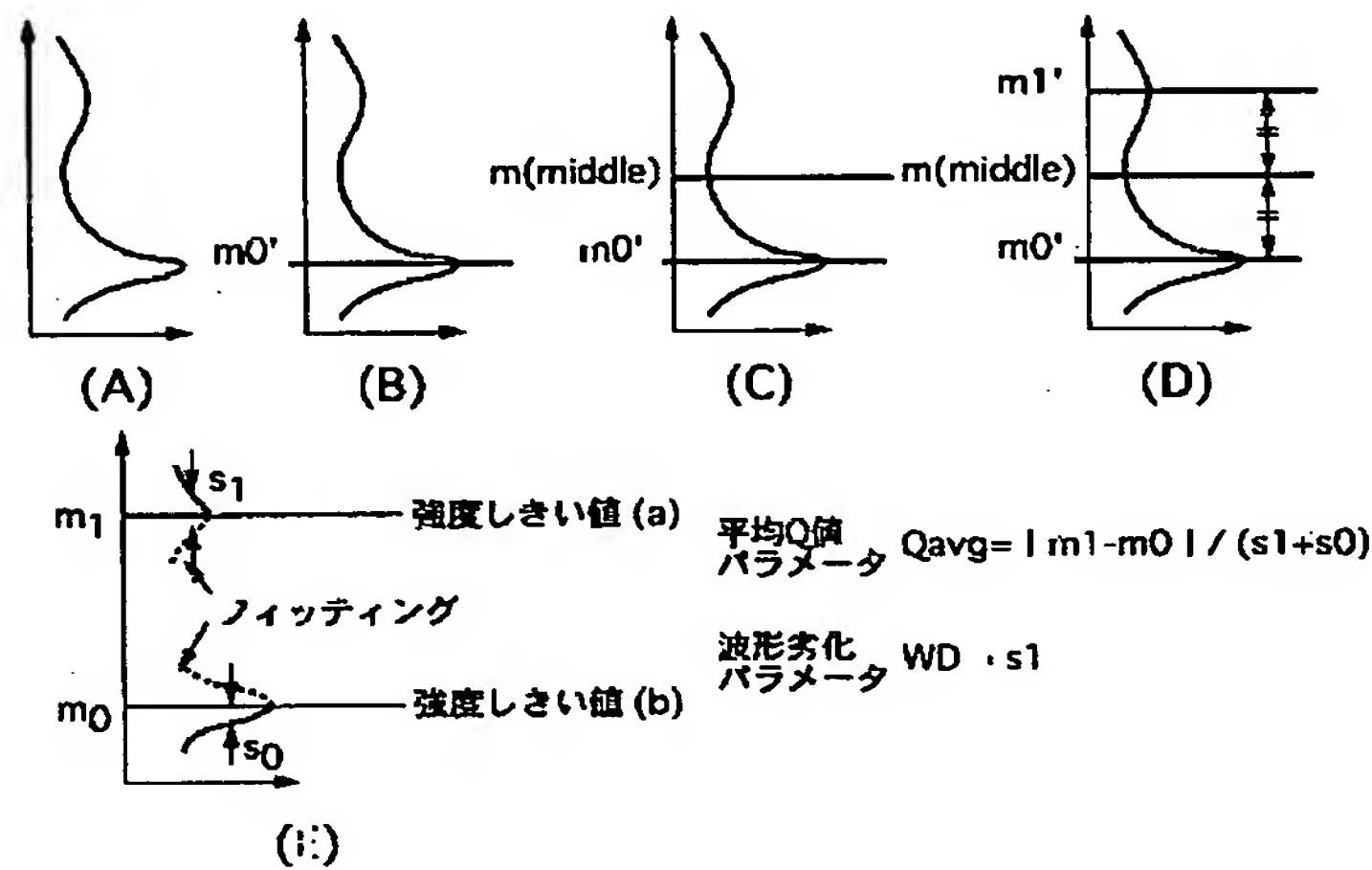
【図5】



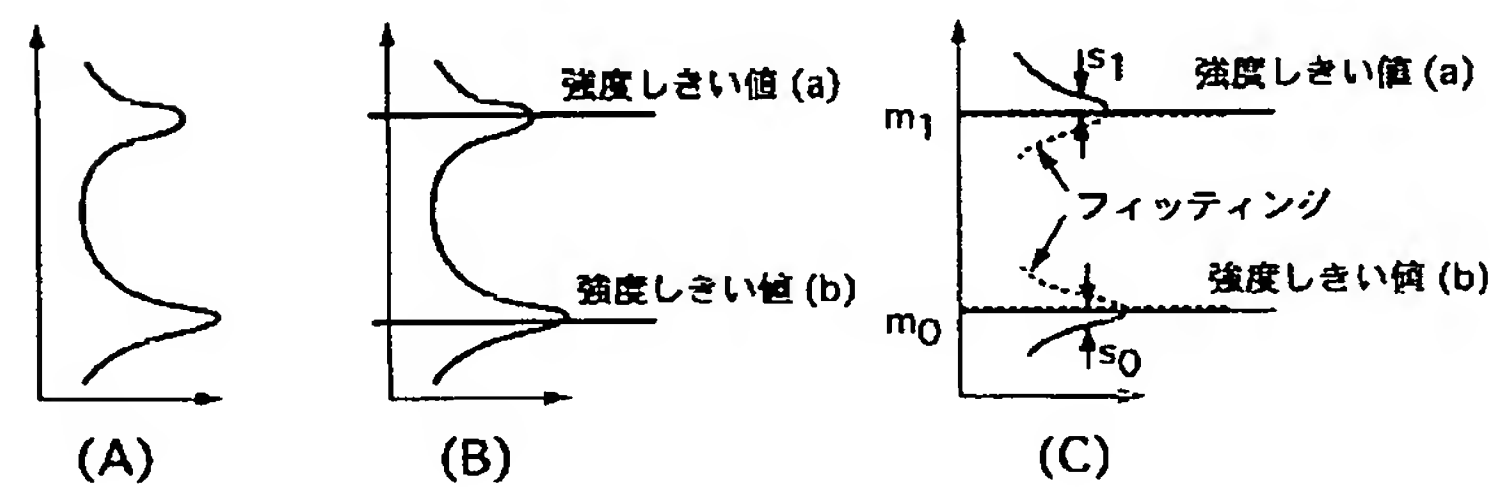
【図6】



【図7】



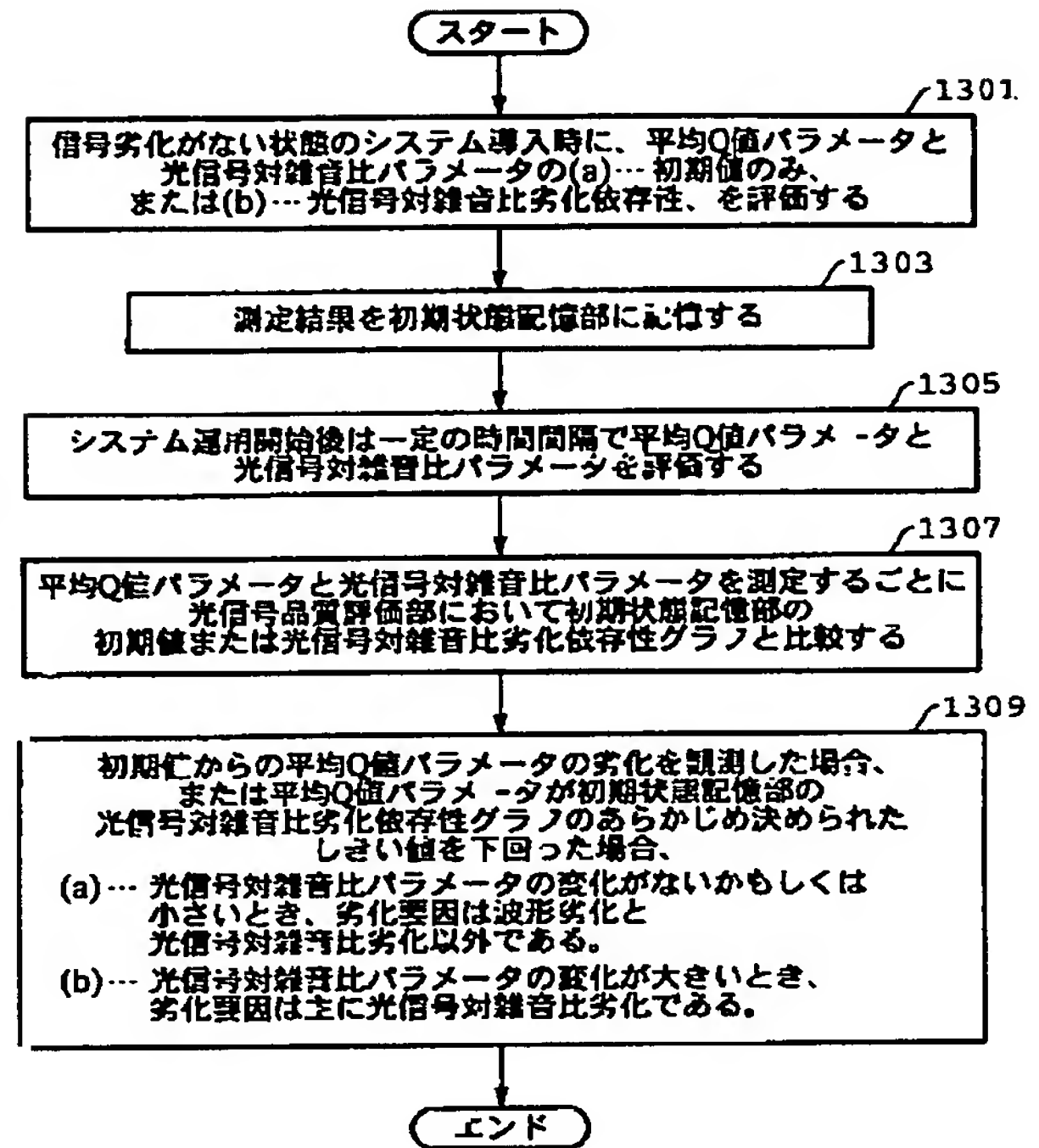
【図9】



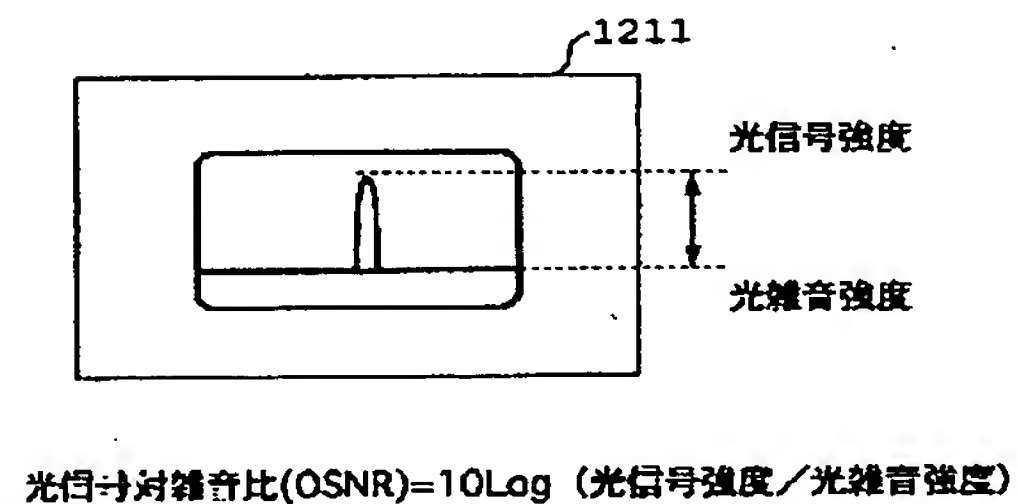
平均Q値  
パラメータ  $Q_{avg} = |m1 - m0| / (s1 + s0)$

波形劣化  
パラメータ  $WD = s1$

【図13】

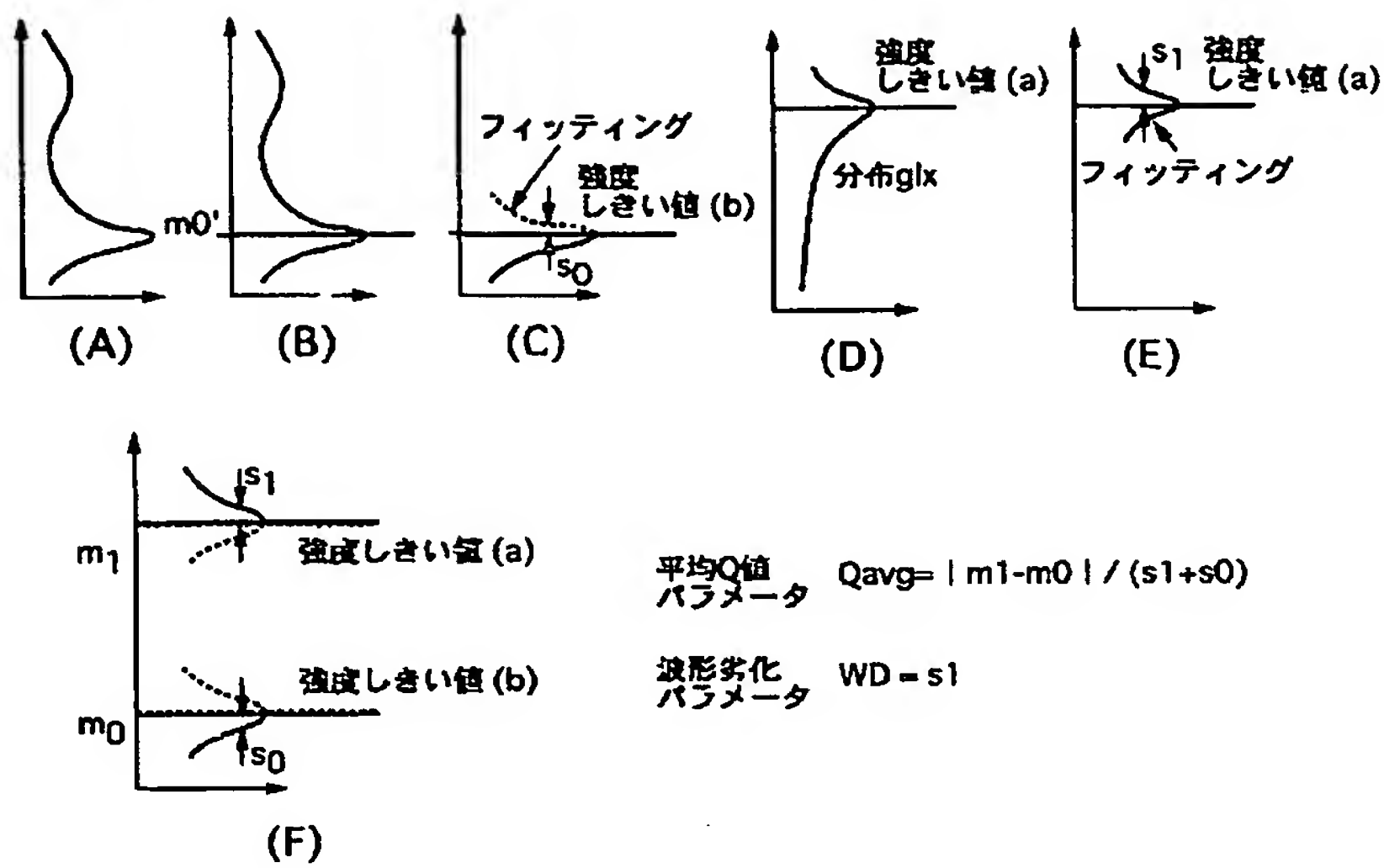


【図14】

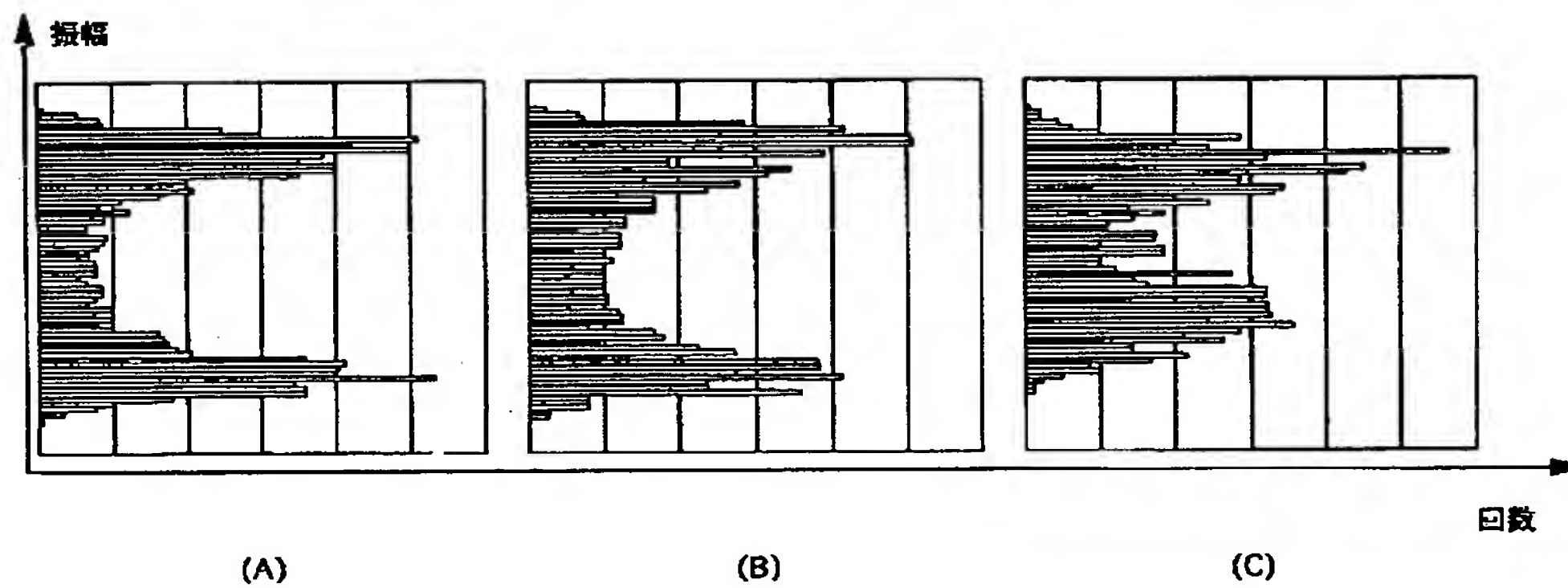




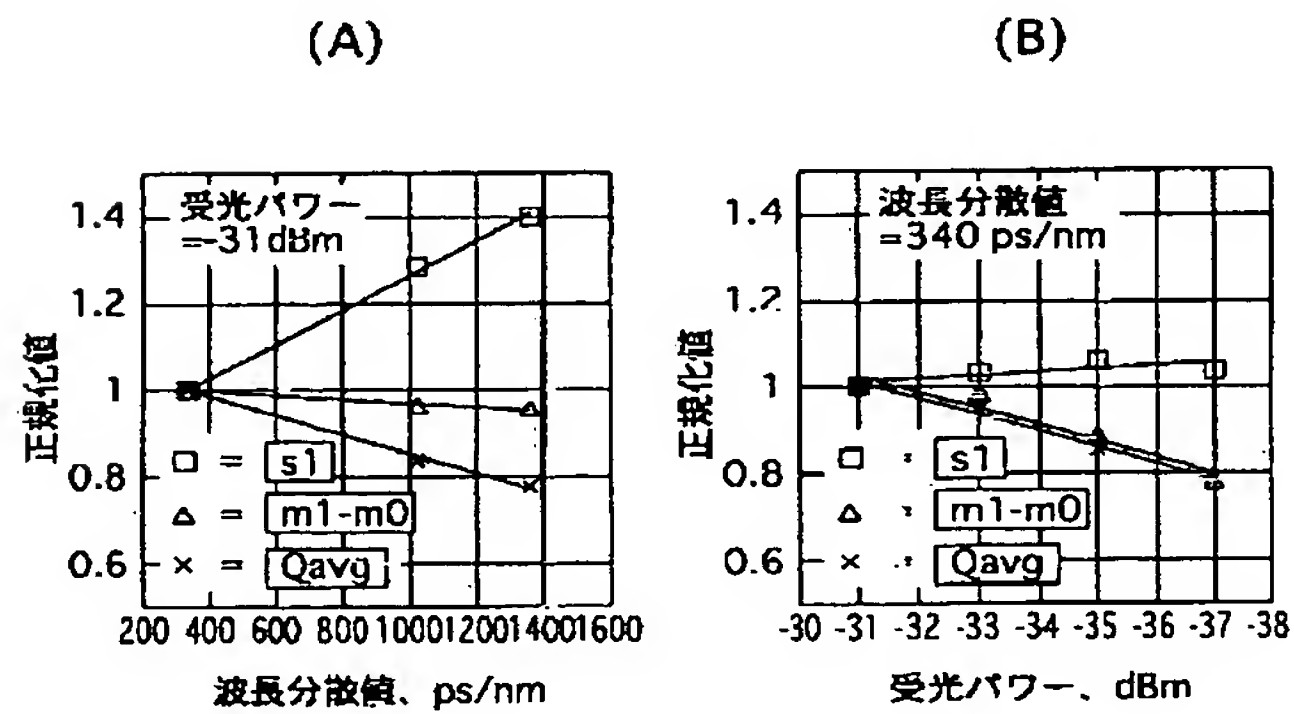
【図8】



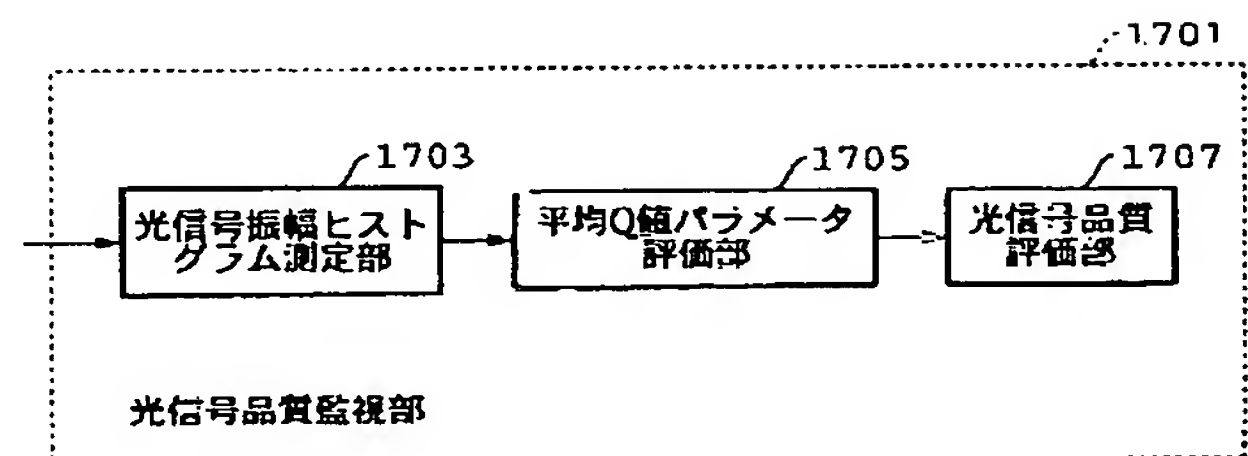
【図10】



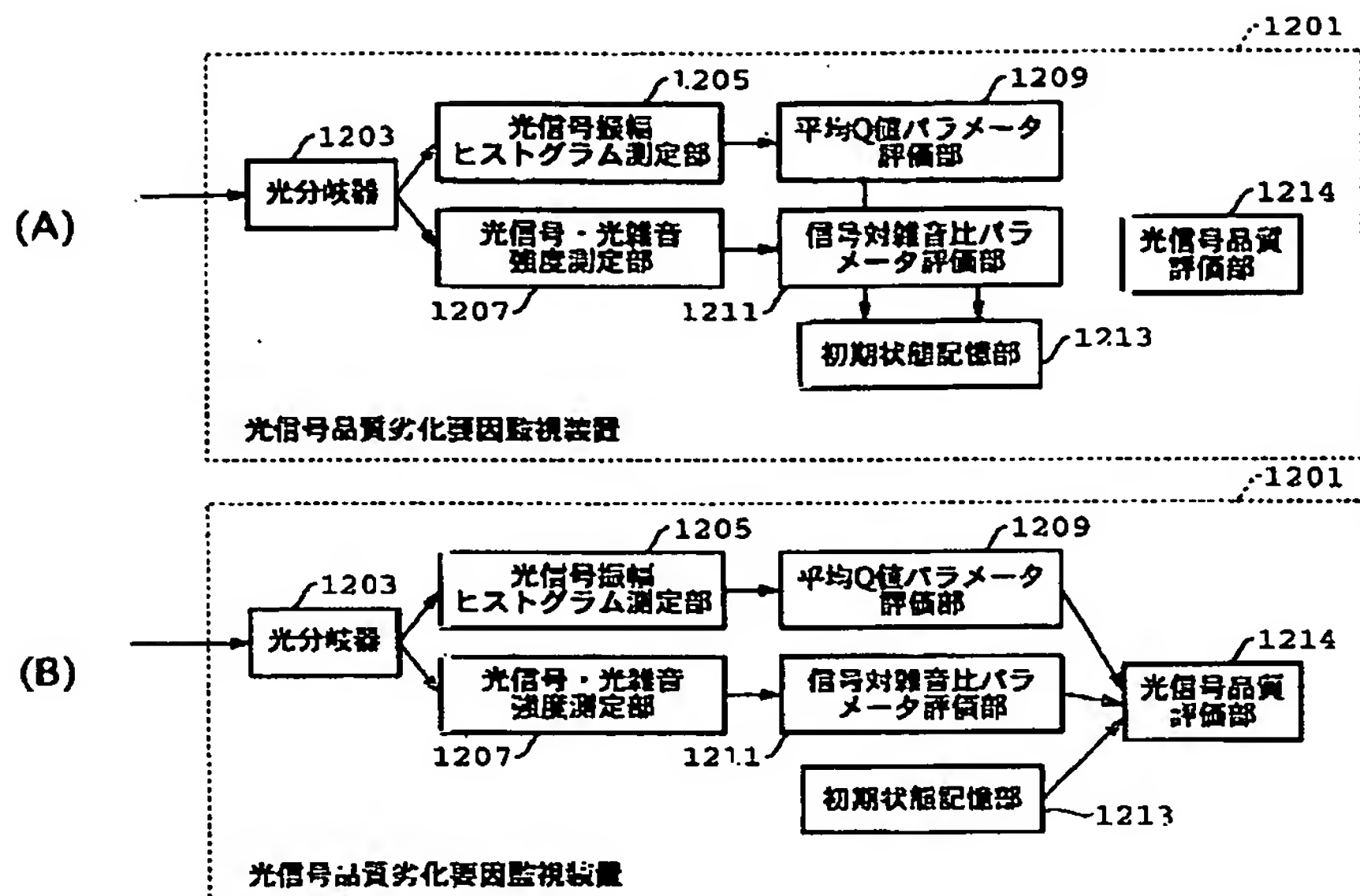
【図11】



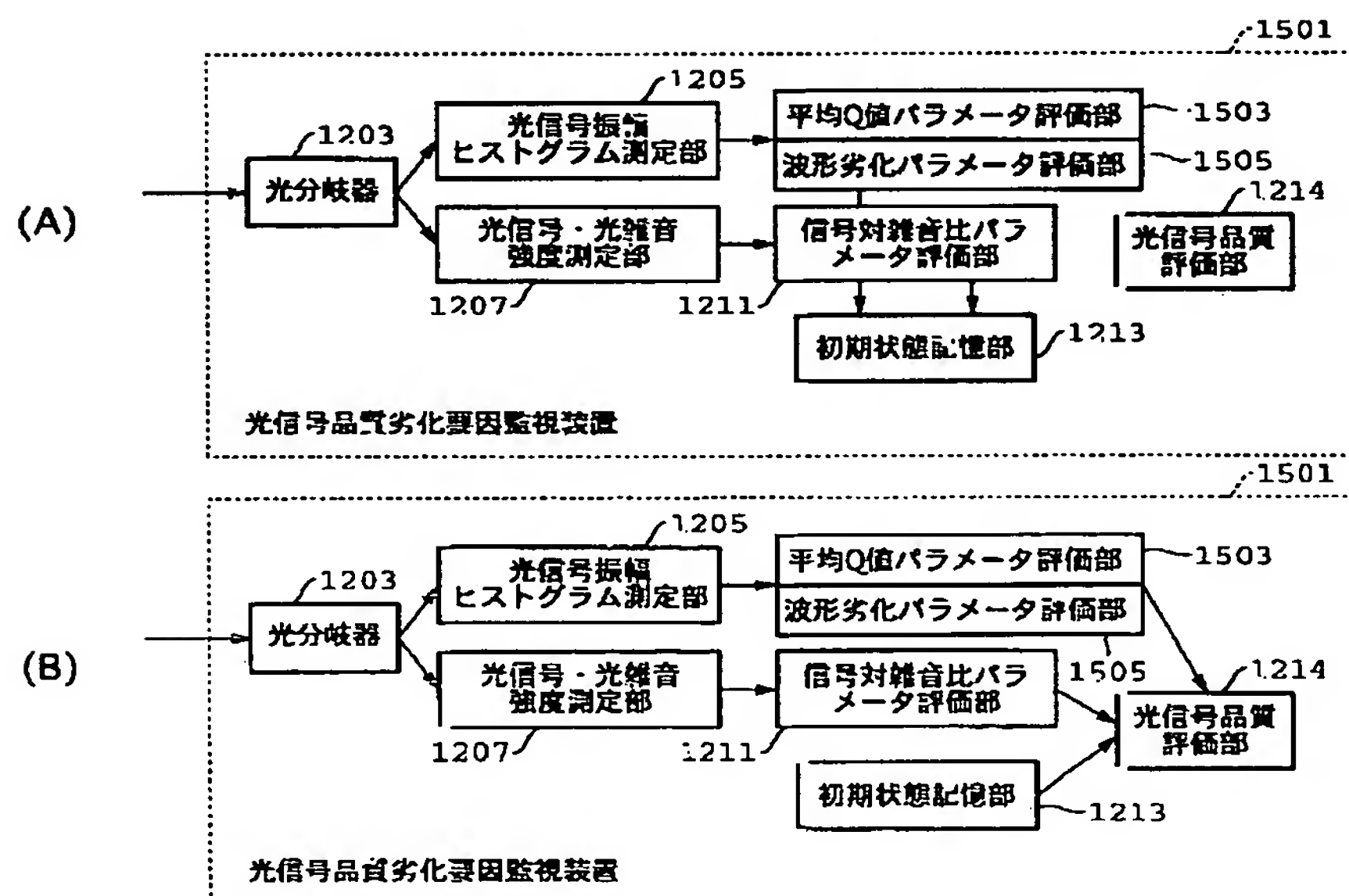
【図17】



【図12】

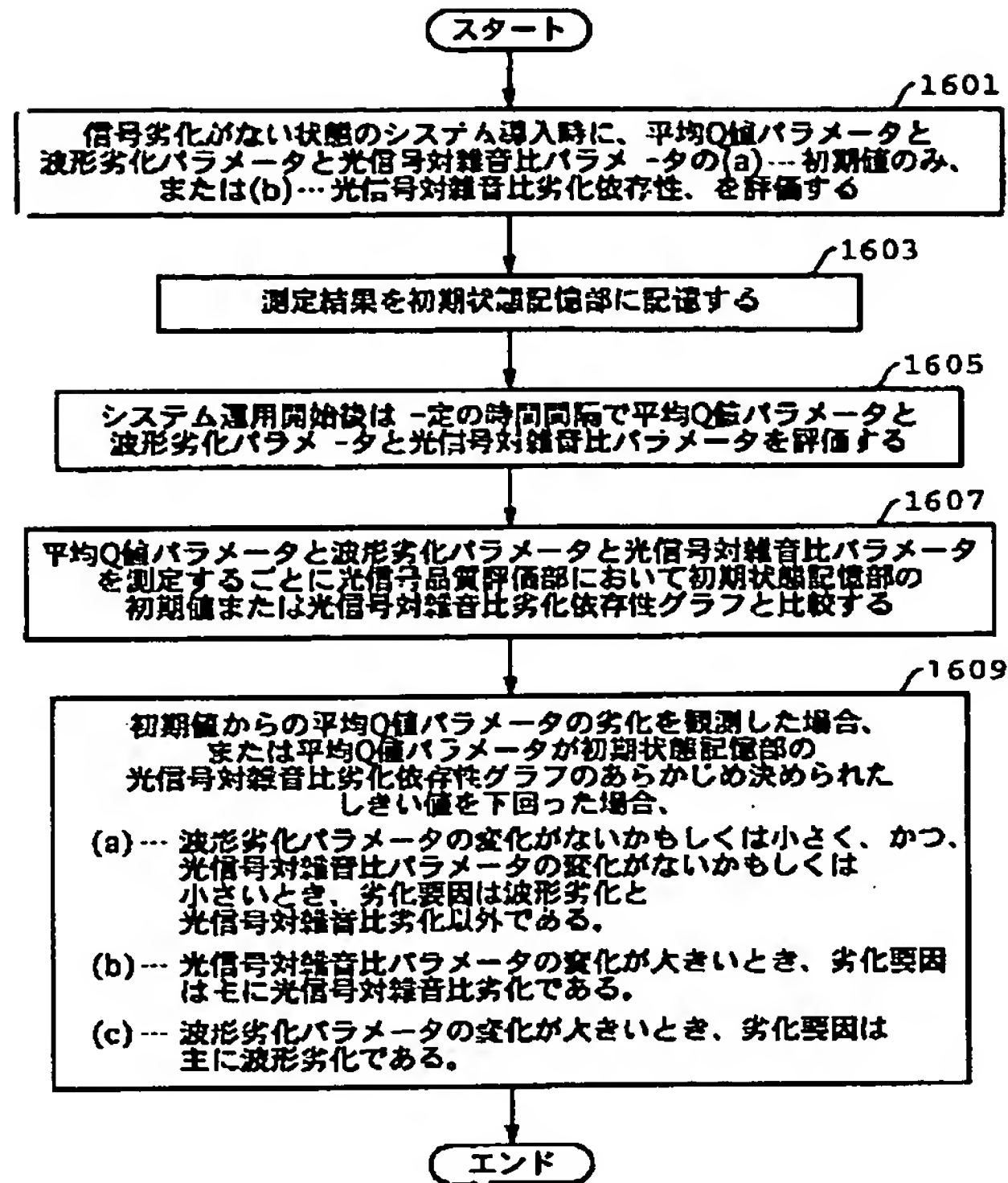


【図15】





【図16】



フロントページの続き

(72)発明者 内山 健太郎  
 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日  
 本電信電話株式会社内

Fターム(参考) 2G065 AA04 AA12 AB14 AB16 BB14  
 BC13 BC14 BC16 BC33 BD01  
 CA12  
 2G086 KK01 KK02

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record.**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: \_\_\_\_\_**

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**